



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

VOLUMEN 12

NÚMERO 1

AÑO 2018



ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

VOLUMEN 12

NÚMERO 1

AÑO 2018

Revista bienal del Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

INTA-Costa Rica

Directora:

Laura Ramírez Cartín, INTA-Costa Rica

Editora:

María Mesén Villalobos, INTA-Costa Rica

Biometrista:

Beatriz Sandoval Carvajal, INTA-Costa Rica

Comité Editorial:

Carlos Cordero Morales, INTA-Costa Rica

Juan Mora Montero, INTA-Costa Rica

Laura Ramírez Cartín, INTA-Costa Rica

María Mesén Villalobos, INTA-Costa Rica

Nevio Bonilla Morales, INTA-Costa Rica

Comité Asesor:

Alexis Vásquez Morera,
Trabajador independiente-Costa Rica

Carlos Chaves Villalobos, EARTH-Costa Rica

Danilo Pezo Quevedo, ILRI-Uganda

Flor Araya Sandí,
Agronomía Mesoamericana

José Alberto Torres Moreira,
Trabajador independiente-Costa Rica

Luis Villegas Zamora, MAG-Costa Rica

Olman Quirós Madrigal, UCR-Costa Rica

Oscar Bonilla Bolaños, UNED-Costa Rica

Pedro Argel Montalvo,
Trabajador independiente-Colombia

Ricardo Guillén Montero, MAG-Costa Rica

Rodolfo Araya Villalobos,
Agronomía Mesoamericana-Costa Rica

Walter Peraza Padilla, UNA-Costa Rica

Walter Ruíz Valverde, UCR-Costa Rica

630

A Alcances tecnológicos / Instituto Nacional de Innovación
y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. --
Vol. 1, no. 1 (2003). -- San José, C.R.: INTA, 2003. -

Bienal.

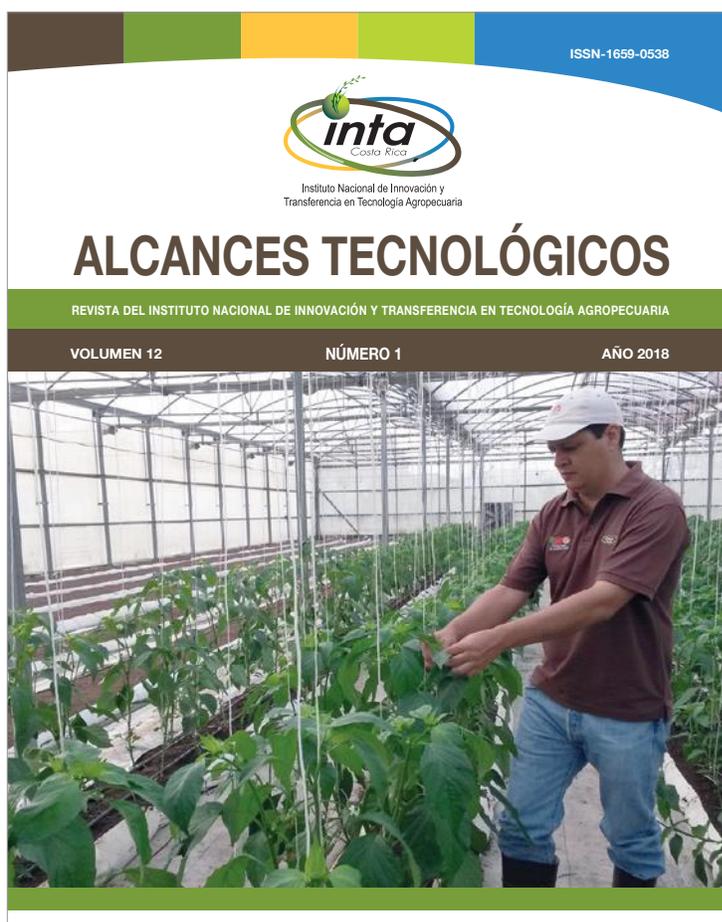
ISSN 1659-0538

1. AGRICULTURA. 2. INVESTIGACIÓN. 3. COSTA RICA.

Foto de portada: en relación con el artículo de Ramírez *et al.*

Diseño gráfico y diagramado: Handerson Bolívar Restrepo.

Impresión: Impresiones el Unicornio.



ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

VOLUMEN 12

NÚMERO 1

AÑO 2018

ARTÍCULOS

- Características de híbridos interespecíficos entre *Psidium guajava* y *Psidium guineense*
Antonio Bogantes Arias, Eric Mora Newcomer5-12
- Adaptabilidad de seis cultivares de chile dulce bajo invernadero en Guanacaste
Roberto Ramírez Martarrita, Jhonny Aguilar Rodríguez, Luis Meza Rodríguez13-23
- Muestreo y fluctuación poblacional de mosca del establo en rastrojo de piña
Yannery Gómez-Bonilla.....25-36
- Captura y recaptura de mosca del establo en ganado y rastrojos de piña
Yannery Gómez-Bonilla, Arturo Solórzano Arroyo, Oscar Bravo Bonilla37-47

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Potencial de los forrajes para producir ensilaje de calidad
William Sánchez Ledezma49-58

ANÁLISIS Y COMENTARIO

- Cambio climático y plagas en el trópico
Sergio Abarca Monge.....59-65

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES67-71

REVISORES TÉCNICOS73

CARACTERÍSTICAS DE HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS ENTRE *Psidium guajava* Y *Psidium guineense*¹

Antonio Bogantes Arias², Eric Mora Newcomer³.

RESUMEN

Características de híbridos interespecíficos entre *Psidium guajava* y *Psidium guineense*. La guayaba (*Psidium guajava*) ha sido la especie de *Psidium* más desarrollada para el consumo de su fruta, en contraste con el güisaro (*Psidium guineense*), una especie que posee similitudes importantes con la guayaba. El objetivo de este trabajo fue medir algunas características en la planta y en la fruta de cuatro híbridos entre las especies *Psidium guajava* y *Psidium guineense*. El experimento se realizó en la Estación Experimental Los Diamantes, ubicada en el cantón de Pococí, Provincia de Limón, Costa Rica. Los tratamientos evaluados fueron cuatro híbridos, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas en la planta fueron altura, número de ramas, diámetro de copa, número de flores y frutos. En los frutos se evaluó peso, sólidos solubles, pH y número de semillas. No hubo diferencias entre los híbridos para altura de planta ($p=0,81$), diámetro de la copa ($p=0,37$) ni en el número de ramas principales ($p=0,55$). Las plantas híbridas fueron similares al güisaro con respecto a su arquitectura y el peso de la fruta. Las diferencias en el número de flores por planta ($p=0,03$), número de frutos por planta ($p=0,02$) y el número de semillas por fruto ($p=0,004$), se estableció principalmente entre el híbrido de guayaba triploide por güisaro con respecto a los demás híbridos.

Palabras clave: guayaba, güisaro, arbusto, brix, acidez.

INTRODUCCIÓN

La familia Myrtaceae posee alrededor de 133 géneros dentro de los cuales destaca el *Psidium* con especies casi todas comestibles y muy importantes como *P. guajava*, *P. friedrichsthalianum*, *P. angulatum*, *P. cattleianum* y *P. guineense* (León 1987; Mani *et al.* 2011; Rivero *et al.* 2011, 2012 y Oliveira *et al.* 2012).

La importancia del género *Psidium* radica en su diversidad, la cual permite seleccionar y realizar mejoramiento genético. Algunas características importantes usadas en este género como herramientas de mejora, son la resistencia al estrés abiótico, las características de los frutos como tamaño y número de semillas, y el contenido

1 Trabajo realizado dentro del marco del convenio específico para el mejoramiento de especies vegetales entre la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).

2 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. abogantes@inta.go.cr

3 Universidad de Costa Rica, UCR. ERIC.MORA@ucr.ac.cr

de minerales (Caldeira *et al.* 2004). *Psidium cattleianum* es considerada como la especie de *Psidium* que más tolera las temperaturas bajas (-5 °C) mientras que *P. angulatum* es considerada una planta rústica y productiva. También se reporta la tolerancia a nematodos en *P. guineense* (Da Costa *et al.* 2012). Con esas condiciones, los cruces interespecíficos pudieran ser prometedores en la obtención de cultivares con características superiores (González *et al.* 2002).

El güisaro, conocido también como guayabo de sabana es común en todos los países tropicales americanos. Es un árbol pequeño de uno a dos metros de altura y con hojas por lo común pubescentes. Sus frutos son redondos, de tres a cuatro centímetros de diámetro, con pulpa amarilla, ácida y con buen contenido de minerales. Esta especie es muy semejante a la guayaba (Caldeira *et al.* 2004, Da Silva *et al.* 2016), razón probable para explicar que exista hibridación natural hasta en un 40 % entre ambas especies (León 1987, Landrum *et al.* 1995).

La guayaba (*P. guajava* L.) es una especie originaria de Mesoamérica y se desarrolla ampliamente en los trópicos, donde enriquece la dieta de cientos de millones de personas. La fruta se distingue por su sabroso y fresco aroma, un alto contenido de vitamina C y calcio (1900 y 30 ug/mg de fruta fresca, respectivamente) así como apreciable cantidad de vitamina A (250-400 ug/100 g de fruta fresca). Además, posee ácido ascórbico

y hierro (McCook-Russel *et al.* 2012 y Perales *et al.* 2005). La planta es de polinización abierta con gran variabilidad en vigor, tamaño de fruta, brix, color de pulpa y número de semillas.

En guayaba se ha establecido la base técnica para desarrollar cruces y para seleccionar híbridos o sus descendientes con características deseables (Rodríguez *et al.* 2010). En Costa Rica, como parte del trabajo conjunto entre la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología (INTA), se ha usado la técnica de la hibridación controlada para hacer híbridos entre las guayabas introducidas y las criollas y se han obtenido materiales como la guayaba R9-33 de pulpa roja (Bogantes y Mora 2010) así como otros dos materiales (B8-27 de pulpa blanca y R1-22 con pulpa rosada) con buenas características para mesa. Como parte de ese mismo trabajo también se cuenta con plantas de guayaba triploides (3n) las cuales tienen la característica de no poseer semilla, mientras que las guayabas normales o diploides (2n) varían para esa característica (Raman *et al.* 1969). La ausencia o presencia de poca semilla, altos grados brix y un poco de acidez son características importantes que podrían mejorar la calidad de nuevos materiales de guayaba.

Este estudio se planeó con el objetivo de medir algunas características en la planta y en la fruta de cuatro híbridos entre las especies *P. guajava* y *P. guineense*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó entre abril del 2010 y marzo del 2011 en la Estación Experimental Los Diamantes del INTA, ubicada en Guápiles, cantón Pococí, provincia de Limón, a 249 msnm y con una temperatura mínima promedio de 24,6 °C y una máxima promedio de 29,0 °C. La precipitación promedio anual es de 4300 mm.

Los tratamientos (Cuadro 1), fueron híbridos producidos por polinización manual controlada en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (EEFBM) de la UCR, como actividad del convenio específico para el mejoramiento de especies vegetales entre el INTA y la UCR.

Cuadro 1. Tratamientos híbridos entre güisaro y guayaba evaluados en la Estación Experimental Los Diamantes. Guápiles, Limón, Costa Rica. 2011.

No. de híbrido o tratamiento	Cruce (F1)
1	Selección R1-22 (2n) <i>Psidium guajava</i> x <i>Psidium guineense</i>
2	Selección R8-27 (2n) <i>Psidium guajava</i> x <i>Psidium guineense</i>
3	Selección R5-13 (2n) <i>Psidium guajava</i> x <i>Psidium guineense</i>
4	Triploide (3n) <i>Psidium guajava</i> x <i>Psidium guineense</i>

2n = guayaba diploide 3n= guayaba triploide.

Los materiales R1-22 (pulpa roja) y R8-27 (pulpa blanca) son guayabas no climatéricas para mesa y la R5-13 es una guayaba climatérica de doble propósito mesa y proceso. El material triploide así como el güisaro son parte del germoplasma presente en la EEFBM.

Con el total de plantas obtenidas en cada híbrido, se usó un diseño de experimento de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se sembraron tres plantas por repetición y todas fueron evaluadas.

Las plantas se sembraron en abril del 2010 a una distancia de 2,5 m entre filas y 2 m entre plantas. Se fertilizaron cada 2 meses a base de 10-30-10 con 30 g por planta antes de la floración y 18-5-15-6-1,2 con 30-45 g por planta después de la floración. Se aplicó cyflutrin + imidaclopir (1 cc pc/litro de agua) cada vez que fue necesario para el combate de insectos chupadores o barrenadores. Para la protección de las plantas se aplicó ocasionalmente sulfato de cobre 80 % (2 g pc/litro de agua). A partir de setiembre (5 meses) se les construyó a los materiales una espaldera para el sostén del eje central de cada planta.

Variables evaluadas

Altura total de la planta. Se midió en centímetros a los ocho meses después de la siembra (mds). Se hizo con cinta métrica desde la base hasta el ápice terminal.

Diámetro de copa. Se midió en centímetros a los ocho meses después de la siembra (mds). Se hizo con cinta métrica, considerando las ramas más largas.

Número de ramas principales. Se contaron las ramas primarias de cada planta a los ocho meses después de la siembra (mds).

Número de flores por planta. Se contó el total de flores en cada planta entre mayo y setiembre del 2010.

Número y peso (g) de frutos. Se contó el número total de frutos por planta entre setiembre del 2010 y marzo del 2011. Para el peso se tomó una muestra representativa de hasta seis frutos maduros por tratamiento.

Sólidos solubles (Brix) de la pulpa. Se midió en el macerado de cada fruta con un refractómetro manual. La muestra fue de hasta nueve frutas maduras por tratamiento.

Acidez (pH) de la pulpa. Se midió con cintas de papel para cambio de pH, en una muestra macerada de hasta cuatro frutos maduros por tratamiento.

Número de semillas en fruta. Se contó el total de semillas en una muestra de seis frutos.

Se hizo un análisis de varianza (ANDEVA) para las variables excepto peso, brix y pH de fruta en las que no se tuvo una muestra homogénea en su tamaño para todas las repeticiones, debido a problemas en la disponibilidad de la fruta. En los casos en los que se determinó diferencias entre tratamientos se hizo una comparación de medias por Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compatibilidad de hibridación entre las especies

La hibridación controlada entre las dos especies proporcionó suficiente semilla F1 para establecer el experimento con 12 plantas por tratamiento (Figura 1). En ese sentido Rivero (2011) considera que la guayaba y el güisaro

presentan diversas características anatómicas en común, así como, ciertos rasgos diferenciales que podrían deberse a factores genéticos y agrega que las similitudes permiten inferir parcialmente la cercanía entre éstas especies, un aspecto importante a considerar para hacer cruces en los programas de mejoramiento.



Figura 1. Plantas híbridas de guayaba por güisaro con cinco meses de edad. Guápiles, Limón, Costa Rica. 2011.

Altura, diámetro de copa y número de ramas

La altura de las plantas no fue diferente ($p=0,81$) entre híbridos y varió poco entre los tratamientos (160-169 cm). El diámetro de la copa también fue similar ($p=0,37$) entre los tratamientos, los cuales se comportaron parecido ($p=0,55$) en el número de ramas principales, valor que osciló entre 5,17 a 6,89 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Altura, diámetro de planta y número de ramas principales en cuatro híbridos de guayaba por güisaro a los ocho meses de edad. Guápiles, Limón, Costa Rica, 2011.

Tratamiento (híbrido)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Número de ramas
1. Guayaba R1-22 x güisaro	160 n. s.	132 n. s.	5,17 n. s.
2. Guayaba R8-27 x güisaro	160	139	6,17
3. Guayaba R5-13 x güisaro	163	154	6,46
4. Guayaba triploide x güisaro	169	148	6,89

n.s.= Medias todas iguales en la misma columna, según prueba Duncan ($p \leq 0,05$).

Algunas características de las plantas híbridas (Figura 1, Cuadro 2) fueron similares a las del güisaro (Figura 2), sobre todo la altura y los tallos, estos últimos resultaron flexibles y con crecimiento arbustivo, no ocuparon poda pero sí ocuparon espaldera a los cinco meses de edad para prevenir el volcamiento. Dichas características en las plantas las hace muy similares a la arquitectura del güisaro (León 1987) y no tanto a la de guayaba (Figura 3 a).

Las plantas de güisaro se caracterizan por ser pequeñas, arbustivas y difieren de la guayaba al tener cuatro ramas angulares, poca estructura foliar, ramas flexibles y caídas (Mani *et al.* 2011) (Figura 2). Adicionalmente, el tipo de hoja en las plantas híbridas fue muy similar a la del güisaro con excepción del híbrido entre guayaba triploide por güisaro, cuyas hojas fueron más anchas y redondeadas, más parecidas a la guayaba triploide. Esos cambios en los rasgos morfológicos, tales como el aumento en el tamaño de la hoja, también distinguen a las plantas de guayabas triploides (3n) de las diploides (2n) (Shafaat 1974).

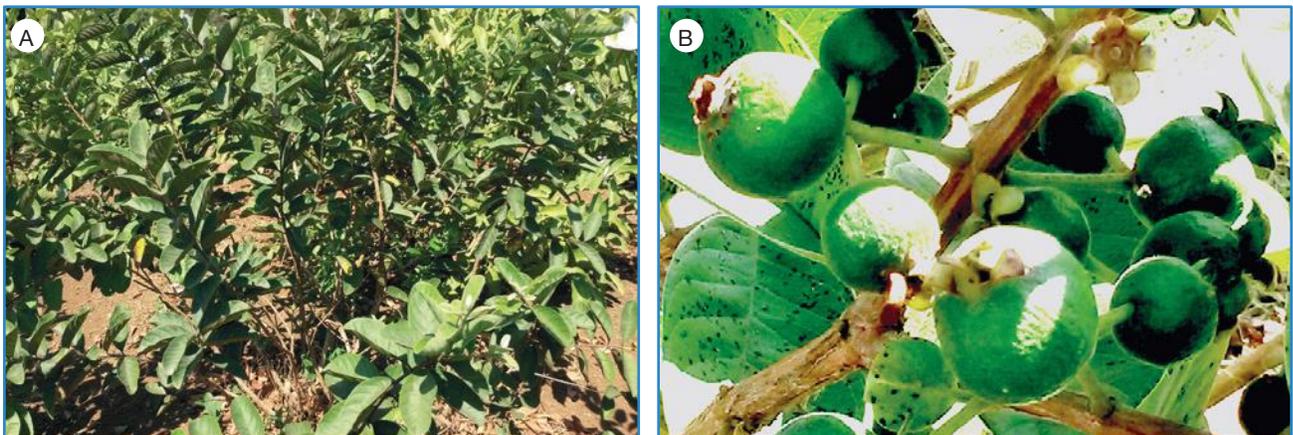


Figura 2. Árboles de güisaro (A) y sus respectivos frutos (B); uno de los progenitores en los híbridos evaluados. Guápiles, Limón, Costa Rica. 2011.

En Cuba se reporta la asociación de la accesión de guayaba “Enana Roja Cubana” con güisaro. Consideran como satisfactoria la hibridación entre guayaba y güisaro en la que los híbridos mostraron las mismas características de porte bajo y alta productividad, por las cuales se destaca dicho cultivar del resto de las accesiones presentes en el país (Valdes-Infante *et al.* 2012).

Es importante considerar que ese tamaño arbustivo de los árboles híbridos podría ser interesante si se piensa en el uso de altas densidades; una técnica de siembra común de los frutales en los últimos años (Avilán *et al.* 2008). No obstante, la flexibilidad de los tallos en plantas jóvenes podría ser una variable a considerar, ya que obligaría a usar espaldera.

Flores, frutos y semillas

Las diferencias en el número de flores por planta ($p=0,03$), número de frutos por planta ($p=0,02$) y el número de semillas por fruto ($p=0,004$) se dio principalmente entre el híbrido de guayaba triploide (3n) por güisaro con respecto a los cruces con las guayabas R1-22, R8-27 y R5-13 (2n) (Cuadro 3). Para la cantidad de frutos se debe considerar que corresponde a un período corto de evaluación (seis meses).

Cuadro 3. Promedios de flores, frutos por planta y semillas por fruto en cuatro híbridos de guayaba por güisaro. Guápiles, Limón, Costa Rica, 2011.

Tratamiento (híbrido)	Número de flores (4 mds)	Número de frutos (11 mds)	No. Semillas por fruto
1. Guayaba R1-22 x güisaro	26,4 a	5,58 a	22,6 a
2. Guayaba R8-27 x güisaro	19,25 a	5,42 a	19,1 a
3. Guayaba R5-13 x güisaro	31,27 a	7,54 a	23,2 a
4. Guayaba Triploide x güisaro	5,3 b	0,22 b	2,0 b

Medias con la misma letra en la misma columna no difieren entre sí según prueba Duncan ($p \leq 0,05$).

La mayoría de las plantas de guayaba triploides, tienen mucha esterilidad (Shafaat 1974), lo cual explica la poca cantidad de frutos. También se da una degeneración de su óvulo y aborto de los embriones que colapsa la producción de semilla y explica la poca o nula cantidad de semillas en la fruta (Sree y Vijendra 1973).

Peso, brix y pH de fruta

La cantidad de fruta que se logró cosechar en los diferentes tratamientos, no fue la deseable para el período establecido, debido principalmente a problemas de disponibilidad (merodeo). En el caso del híbrido por la guayaba triploide, solo se evaluó una fruta, debido al problema de baja producción de frutas en este híbrido, ya comentada. Con los datos obtenidos se puede notar también que los pesos de la fruta en los híbridos (de 11 a 15 g) fueron similares a los de la fruta de güisaro (Cuadro 4, Figura 2), que se reporta con un peso entre los 12 y 16 g (Lederman *et al.* 1997). Por otra parte, el peso promedio de las frutas de guayaba R1-22 y R8-27, dos de los respectivos progenitores, son de 275 y 300 gramos, según los datos del proceso de selección en la misma zona Atlántica (Figura 3 b).

Cuadro 4. Promedios de peso, brix y pH en fruta de cuatro híbridos de guayaba por güisaro. Guápiles, Limón, Costa Rica, 2011.

Tratamiento (híbrido)	*Peso (g)	*Brix (°)	*pH
1. Guayaba R1-22 x güisaro	15,4 (n=6)	8,8 (n=6)	3,0 (n=2)
2. Guayaba R8-27 x güisaro	12,8 (4)	9,5 (9)	3,4 (4)
3. Guayaba R5-13 x güisaro	14,0 (6)	8,7 (9)	3,2 (3)
4. Guayaba Triploide x güisaro	10,55 (1)	6,4 (1)	2,75 (1)

* Promedios no sometidos a ANDEVA.

El brix promedio de los híbridos de guayabas 2n por güisaro osciló entre 8,7° y 9,5°. Importante destacar que en forma individual, algunas plantas alcanzaron alrededor de los 12,0°, tal es el caso de una planta en la repetición 2, del híbrido Guayaba R1-22 x güisaro con 11,4°, la planta de la repetición 2 del híbrido Guayaba R5-13 x güisaro, también con 11,4° así como, dos plantas híbridas de Guayaba R8-27 x güisaro en la repetición 2 con 12,2° y 13,0° respectivamente. Adicionalmente, todas tuvieron un sabor aromático distintivo a las demás frutas.

El valor más bajo de brix (6,4°) se obtuvo en la fruta del híbrido por triploide (Cuadro 4). Si se considera solo el promedio, el brix de las frutas híbridas fue similar a la del güisaro. No obstante, en esa especie ya se han seleccionado materiales con un brix alrededor de los 15° y con más acidez que la obtenida en este estudio (Lederman *et al.* 1997). En el caso de dos de las guayabas progenitoras (R1-22 y R8-27), el brix promedio de sus frutas en el proceso de selección (en el Atlántico), fue de 7° y 9°.



Figura 3. Planta de guayaba R1-22 (A) y sus frutas (B), progenitor en los híbridos de guayaba por güisaro. Guápiles, Limón, Costa Rica. 2011.

Se considera que el contenido de sólidos solubles totales en guayaba debe ser superior a 10° (Fernández y Pérez 2015). En Venezuela, Medina y Pagano (2003), en guayaba criolla de pulpa roja, obtuvieron un brix de 13,82° con un pH de 4,1.

En términos generales se puede afirmar que la hibridación controlada entre guayaba y güisaro es viable. Los híbridos mostraron en promedio características de árbol y fruta muy similares a las del güisaro. No obstante, algunas plantas híbridas en forma individual sobresalieron principalmente

por su brix (12°), sabor aromático y acidez. Dichas plantas serán seleccionadas con el objetivo de sembrar, observar y evaluar sus progenies (F2) para descartar el efecto ambiental y considerar una eventual selección. También será recomendable en algunas de esas plantas híbridas, hacer retrocruces o triples híbridos con guayaba para continuar (en una segunda etapa) con un proceso de selección, en busca de una planta con más arquitectura de guayaba, con fruta mediana o grande, de buen brix, poco aroma, algo de acidez, sin o con pocas semillas.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al señor Felipe Rojas Blanco, técnico asistente del proyecto por su aporte en el mantenimiento y evaluación de los materiales en este estudio.

LITERATURA CITADA

Avilán, L; Soto, E; Marín, C; Pérez, M; Rodríguez, M; Ruíz, J. 2008. Productividad del mango en una población de alta densidad. *Agronomía Trop.* 58(2):181-191.

Bogantes, A; Mora, E. 2010. Evaluación de cuatro patrones para injertos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Agronomía Mesoamericana* 21(1):103-111.

Caldeira, S. D; Aiko H. P; Lima, M. I; Ramos, I; Mendes, R. M. 2004. Caracterização físico-química do ARAÇÁ (*Psidium guineense* SW.) e do TARUMÃ (*Vitex cymosa* Bert.) do Estado De Mato Grosso do Sul. B. CEPPA. Curitiba 22 (1):141-154.

Da Costa S. R; Santos, C.A.F; Castro, J.M.C. 2012. Assessing *Psidium guajava* × *P. guineense* Hybrids Tolerance to *Meloidogyne enterolobii*. Proc. 3rd IS on Guava and other *Myrtaceae*. Eds.: C.A.F. Santos. Acta Hort. 959:59-66.

- Da Silva, E; Ferreira, R. L; Dos Santos, R.M; Semen, M. L; Ann, V. E. 2016. Diversity and Genetic structure of natural populations of ARAÇÁ (*Psidium guineense* Sw.). Rev. Caatinga, Mossoró 29(1):37-44.
- Fernández, E; Pérez, L. 2015. Mejoramiento genético de guayabo (*Psidium guajava* L.). Review. Cultivos Tropicales 36:96-110.
- González, E; Padilla, J; Reyes, E. L; Perales de la Cruz, M; Esquivel, F. 2002. Guayaba. Su cultivo en México. Libro técnico No. 1. Campo Experimental Pabellón. Aguas Calientes. México. INIFAP 182 p.
- Landrum, L; Clark, D; Sharp, W; Brendecke, J. 1995. Hybridization between *Psidium guajava* and *P. guineense* (Myrtaceae). Economy Botany 49(2):153-161.
- Lederman, I; Silva, M; Alves, M; Bezerra, J. 1997. Selection of superior genotypes of Brazilian guava (*Psidium guineense* S.) in the coastal Wood Forest Region of Northeast Brazil. Acta Horticulturae. 452:95-100.
- León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. San José Costa Rica. IICA. 359 p.
- Mani, A; Rachana M; Thomas, G. 2011. Elucidation of Diversity among *Psidium* Species using Morphological and SPAR methods. Journal of Phytology 3(8):53-61.
- Medina, M; Pagano, F. 2003. Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo "Criolla Roja". Rev. Fac. Agron. 20:72-86.
- McCook-Russell, K. P; Nair, M. G; Facey, P; Bowen-Forbes C. S. 2012. Nutritional and nutraceutical comparison of Jamaican *Psidium cattleianum* (strawberry guava) and *Psidium guajava* (common guava) fruits. Food Chemistry 134(2012):1069-1073
- Oliveira, V. B; Yamada, L. T; Fagg, C; Brandão, M. 2012. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. Food Research International 48:170-179.
- Perales M. A; Padilla, J S; González, E; Reyes, H. R. 2005. Manual para la producción integral del cultivo de la guayaba. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Aguas Calientes, Zacatecas, México. 79 p.
- Raman, V S; Sree, S R; Manimekalai, G. 1969. Triploidy and Seedlessness in Guava (*Psidium guajava* L.). Cytologia 36:392-399.
- Rivero-Maldonado, G; Pacheco, D; Sánchez, A; Quirós M; Suárez, E; Fuenmayor, J; Sthormes, G. 2011. Análisis preliminar de las características anatómicas foliares de *Psidium guajava* L. y *Psidium guineense* Sw. Rev. Fac. Agron. 28(1):129-138.
- Rivero, G; Salazar, G; Pacheco D; Sánchez A; Quirós M; Sthormes; G. 2012. Relaciones filogenéticas entre especies de *Psidium* (Myrtaceae) presentes en el occidente de Venezuela a partir de secuencias de ADN nuclear (ITS) y plastidial (*trnH-psbA*). Rev. Interciencia. 37(11):838-844.
- Rodríguez, N; Juliette, V; Rodríguez, J; Velázquez, J; Rivero, D; Martínez, F; González, G; Darío, G; González, L; Cañizares, J. 2010. Genetic Resources and breeding of guava (*Psidium guajava* L.) in Cuba. Biotecnología Aplicada. 27(3):238-240.
- Shafaat, M. 1974. Aneuploidy in guava. Biologia Plantarum 16(5):382-388.
- Sree, S. R; Vijendra, L. 1973. Seedlessness in Triploid guava (*Psidium guajava* L.). *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. 15:(2)331-334.
- Valdés-Infante, J; Rodríguez, N; Velásquez, J; Sourd, Darío; González, G; Rodríguez, J; Rohde, W. 2012. Herramientas para un programa de mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. Agronomía Costarricense 36(2):111-129.

ADAPTABILIDAD DE SEIS CULTIVARES DE CHILE DULCE BAJO INVERNADERO EN GUANACASTE

Roberto Ramírez Martarrita¹, Jhonny Aguilar Rodríguez¹, Luis Meza Rodríguez¹

RESUMEN

Se evaluaron seis cultivares de chile dulce (*Capsicum annum*), en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez (EEEJN), ubicada en Cañas, Guanacaste, durante los meses de octubre del 2014 a mayo del 2015. Todos los cultivares evaluados presentaron frutos de tipo cónico y con maduración a rojo. Los cultivares que obtuvieron los mayores rendimientos productivos fueron FBM 10 y Dulcítico con 68,10 y 56,87 t/ha respectivamente, sin que mostraran diferencias significativas entre ellos. Todos los materiales a excepción de Dulcítico obtuvieron una mayor proporción de frutos de primera (longitud fruta \geq 10 cm) que de segunda calidad (longitud fruto $<$ 10 cm). El cultivar FBM 10 presentó un 52,02 % de frutos de primera, con un 47,35 % de frutos de segunda y un 0,63 % de tercera (no comercial). Las condiciones climáticas más drásticas dentro del invernadero se presentaron a la 1 p.m., en promedio la temperatura fue de 35,1 °C, la humedad relativa llegó a 54,2 % y la radiación fue de 98 watts/m². El rubro que obtuvo el mayor costo económico fue el invernadero con 1,5 millones de colones por 1000 m², lo que significa un 50 % de la inversión inicial. El cultivar de chile dulce que obtuvo la mayor utilidad neta, fue el FBM 10 con 2,11 millones de colones por cada 1000 m². Esto se debió a que obtuvo los mayores ingresos totales de frutos de primera y segunda, con 3,08 y 2,10 millones de colones respectivamente, superando en ingresos totales al cultivar testigo (Nathalie) por 1,08 millones de colones/1000 m².

Palabras clave: ambiente protegido, híbridos, hidroponía, factores climáticos, relación beneficio costo.

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum sp*) es uno de los cultivos hortícolas más importantes del mundo, sembrándose en el año 2013 una superficie de 1,9 millones de hectáreas, con una producción de 31,2 millones de toneladas. Entre los países productores más importantes destacan China y México con 16,0 y 2,3 millones de toneladas respectivamente (FAO 2014). Actualmente el chile dulce es uno de

los vegetales preferidos por la población costarricense, alcanzándose en el año 2012 un consumo per cápita de 3,3 kg (PIMA-CENADA 2013). Entre las cualidades que destacan los consumidores se encuentran su alto valor nutritivo y la multiplicidad de usos, tanto en consumo fresco, como en productos industriales, congelados, pastas, deshidratados y salsas (Samaniego 2006).

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. INTA. Costa Rica. rramirez@inta.go.cr, jaguilar@inta.go.cr y lmeza@inta.go.cr. Sede de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez del INTA. Cañas, Guanacaste.

Esta planta es monoica, de ciclo anual y puede alcanzar entre 0,6 m a 1,5 m de altura, dependiendo tanto de la variedad, como de las condiciones climáticas y de manejo (Orellana *et al.* 2012). La actividad fotosintética tiene una clara respuesta a la temperatura, mostrando un mínimo sobre los 5 °C y un óptimo entre 25 a 35 °C en la mayoría de las especies hortícolas, disminuyendo a valores superiores (Urban 1997). En Costa Rica se cultiva en zonas con temperaturas entre los 18 y 30 °C, aunque gracias a las mejoras en el nivel tecnológico transferido a los productores, las áreas de siembra se han expandido prácticamente a todo el territorio nacional (Samaniego 2006).

Una de las debilidades que presenta esta actividad en nuestro país, es la escasa oferta de germoplasma tolerante a las condiciones de alta temperatura, siendo el híbrido Nathalie uno de los más utilizados por los productores. Aunado a esta problemática también se suma el bajo rendimiento promedio nacional que es de 15 t/ha, significando un promedio de 0,6 kg/planta (Morales y Rodríguez 2010). No obstante, esto contrasta con los resultados obtenidos en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) en el año 2012, donde se alcanzaron rendimientos de 95,5 t/ha con el híbrido Dulcítico (Echandi, 2012) y por los obtenidos en este mismo periodo por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) en la Región Chorotega (41 t/ha), con el híbrido Andes Cobayashi (Ramírez *et al.* 2013).

Un aspecto que se debe tomar en cuenta a la hora de cuantificar la producción es clasificarla según las categorías comerciales del mercado, ya

que cada una de estas se paga en forma distinta. Según el reglamento técnico para el consumo fresco de chile dulce, publicado en el Diario Oficial La Gaceta, se consideran frutos grandes, aquellas que superan los 15 cm de longitud, medianos de 10 a 15 cm y pequeños los menores a 10 cm (Ministerio de Salud *et al.* 2007). A nivel comercial de supermercados, los frutos grandes y medianos se catalogan como primera calidad, los pequeños como segunda calidad y los frutos con defectos o quemaduras de sol, como tercera calidad, las cuales no tiene valor monetario.

El fenotipo puede cambiar por variaciones ambientales, por lo que la evaluación de cultivares en diferentes sitios, permite recomendar aquellos que posean un mejor comportamiento en una región determinada (Giménez *et al.* 2001). Las tecnologías empleadas en la actualidad, generalmente se enfocan en reducir costos de producción y no en los beneficios netos del cultivo, como por ejemplo el manejo de genotipos que pueden resultar en materiales que se adapten a las condiciones del lugar (Linares 2004). Por consiguiente, los procesos de investigación en este campo, se hacen vitales para buscar nuevos cultivares que permitan a los agricultores hacer frente a potenciales desafíos como plagas en las plantas, el cambio climático; así como el fortalecimiento de la dieta alimenticia de la población (FAO 2006).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la adaptabilidad de seis cultivares de chile dulce (*Capsicum annum*) a las condiciones ambientales generadas en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La actividad se realizó en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, en Cañas, provincia de Guanacaste (14 msnm), durante el periodo comprendido de octubre del 2014 a mayo del 2015. El sitio se encuentra dentro de la zona de vida del bosque tropical seco en la coordenada E00411952 y N00258587.

Los tratamientos fueron dispuestos en el diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 20 plantas por parcela de cada cultivar F1 (Cuadro 1). La dimensión de la parcela experimental fue de 4 m de largo por 0,40 m de ancho. Se utilizaron cuatro canaletas de 0,4 m de ancho

por 0,2 m de altura con sustrato hidropónico (piedra volcánica). La distancia entre plantas fue de 0,2 m dentro de la canaleta y 1,4 m entre el pasillo, para una densidad de 35 714 plantas por hectárea.

Cuadro 1. Cultivares utilizados en el estudio y su procedencia. EEEJN, 2015

Código	Cultivar (F1)	Procedencia
CTT 01-14	FBM 2	UCR
CTT 02-14	FBM 9	UCR
CTT 03-14	FBM 10	UCR
CTT 04-14	FBM 11	UCR
CTT 05-14	FBM 12 (Dulcítico)	UCR
*CTT 06-14	Nathalie	ROGERS

* Testigo

El estudio se efectuó en la segunda nave de un invernadero multicapilla orientado norte-sur. El techo estuvo cubierto con plástico transparente de polietileno de 150 micras de espesor (Figura 1).



Figura 1. Ensayo de chile dulce en invernadero multicapilla. EEEJN, 2015.

La semilla se sembró en bandejas con sustrato inerte y las plántulas se trasplantaron al invernadero a los 25 días después de la siembra. El riego en las canaletas se realizó mediante un sistema presurizado con cintas de goteo, añadiéndose al sistema 180 kg de N, 60 kg P₂O₅, 180 kg K₂O₅, 160 CaO y 50 kg de MgO por hectárea respectivamente. El manejo fitosanitario se realizó según la presión de enfermedades y plagas en el momento.

Se utilizó un muestreo probabilístico al azar, con un factor de muestreo para Z_{α}^2 de $(1,96)^2$ y un error máximo permitido del 14 %. Al ser los híbridos de chile dulce F1, la proporción de la población que posee la característica deseada se estima que es cercano al 95 % ($p=0,95$), resultando una muestra de 6 plantas por parcela útil.

Como variables de respuesta se evaluó en una muestra de seis plantas:

- a. Rendimiento: se cuantificó el rendimiento por parcela de muestreo, según número y peso promedio de frutos.
- b. Calidad (norma comercial): Se clasificó la producción según la longitud de fruta, siendo la primera calidad (frutos ≥ 10 cm), segunda calidad (frutos < 10 cm y rechazo o no comerciales (con defectos o quemaduras de fruto)
- c. Tipo de fruta y color a la maduración.
- d. Número de cosechas.
- e. Altura de la planta (m).
- f. Producción por hectárea (t).

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y las medias separadas mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5 %. Además, se registraron las condiciones ambientales: temperatura, humedad relativa y radiación a las que estuvieron sometidas las plantas, realizando tres mediciones diarias (7 a.m.; 9 a.m. y 1 p.m.) una vez por semana, durante todo el ciclo productivo. Para determinar la rentabilidad de cada tratamiento, se realizó un análisis económico, obteniendo la utilidad bruta y la relación beneficio-costos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características agronómicas

El cultivar que obtuvo la mayor altura promedio por planta fue FBM 11 con 2,5 m, mostrando diferencias significativas con FBM 9, Dulcítico y Nathalie. Alturas por debajo de los 2,5 m facilitan las labores de cosecha, poda y deshijas, ya que no se tiene que recurrir al uso de andamios o escaleras, lo cual agiliza las prácticas de manejo.

A Dulcítico y FBM 10 se les realizó 13 cosechas, mientras que al resto de los cultivares solamente 12. Esta cantidad de cosechas coincide con la investigación realizada en este mismo cultivo por el INTA en el año 2013 (Ramírez *et al.* 2013). Todos los materiales presentaron frutos de tipo cónico con tres lóbulos y con maduración a rojo, las cuales son las más apetecidas por el mercado nacional (Cuadro 2).

Cuadro 2. Altura de la planta (m), número de cosechas y características de los frutos de chile dulce. EEEJN, 2015.

Cultivar	Altura de planta (m)	N° de cosechas	Tipo de fruto	N° de lóbulos	Color al madurar
FBM 2	2,3 bc	12	Cónico	3	Rojo
FBM 9	1,9 b	12	Cónico	3	Rojo
FBM 10	2,1 bc	13	Cónico	3	Rojo
FBM 11	2,5 c	12	Cónico	3	Rojo
Dulcítico	2 b	13	Cónico	3	Rojo
Nathalie	1,4 a	12	Cónico	3	Rojo

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En Costa Rica la clasificación de la calidad del chile dulce no solo se define por el aspecto externo de la fruta; sino también, por la longitud de la misma. El cultivar FBM-10 fue el que obtuvo el mayor número de frutos en primera calidad en la muestra, con 94 unidades para un promedio de 15,6 unidades por planta, mostrando diferencias significativas solamente con FBM 11. El mayor peso promedio por frutos de primera lo alcanzó FBM 11 con 67,8 g, presentando diferencias significativas con todos los cultivares a excepción de FBM 2 y Nathalie. Con relación a la longitud de los frutos, todos los cultivares estuvieron cercanos al límite inferior de la categoría de primera calidad que es de 10 cm (Cuadro 3). El mayor rendimiento por parcela experimental en esta misma categoría lo obtuvo FBM 10 con 5951,7 g, para un promedio de 991,9 g por planta, presentando diferencias significativas únicamente con FBM 11.

El cultivar FBM 10 alcanzó el mayor número de frutos de segunda calidad en el área de muestreo con 121 unidades, para un promedio de 20,2 unidades por planta, mostrando diferencias significativas excepto con Dulcítico. El híbrido Nathalie

fue el que obtuvo el mayor peso promedio dentro de esta categoría con 48,8 g, presentando diferencias significativas únicamente con FBM 9 (Cuadro 3). El rango de longitud promedio de frutos de segunda categoría se situó entre los 8 cm (FBM 10) hasta los 8,4 cm (FBM 9). El cultivar FBM 10 que fue el de mayor producción de frutos de segunda alcanzó el mayor rendimiento en el área de muestreo con 5418 g, para un promedio de 903 g por planta, difiriendo significativamente con FBM 2, FBM 9 y FBM 11.

En lo que se refiere a los frutos de tercera categoría, FBM-9 presentó la mayor cantidad con cinco unidades, existiendo diferencias significativas con todos los cultivares a excepción de Dulcítico, con 4,7 unidades (Cuadro 3). Los pesos promedios de los frutos estuvieron entre los 8,75 a los 38,2 g entre todos los materiales. El cultivar FBM 9 obtuvo en el área de muestreo la mayor cantidad en peso de frutos de tercera con 194,7 g, mostrando diferencias significativas con el resto de los materiales, salvo con Dulcítico (171,7 g).

El cultivar FBM 10 obtuvo el mayor rendimiento por hectárea con 68,1 toneladas, no difiere del Dulcítico, el cual obtuvo 56,87 t/ha, pero si del resto de los materiales. Los rendimientos obtenidos con FBM 10 están 27,4 toneladas por hectárea por debajo del reportado por Echandi 2012, con híbrido Dulcítico en la provincia de Alajuela, pero superan

en 28,1 toneladas por hectárea a los alcanzados por el INTA en el año 2013, en la provincia de Guanacaste, con el híbrido Andes Cobayashi (Ramírez *et al.* 2013) y también supera en 1,3 kg por planta, el promedio nacional que está en 0,6 kg (Morales y Rodríguez 2010).

Cuadro 3. Clasificación de las características agronómicas de los cultivares según calidad y número de plantas muestreadas. EEEJN, 2015.

Cal*.	Característica	FBM 2	FBM 9	FBM 10	FBM 11	Dulcítico	Nathalie
1 ^a	N° de frutos/muestra	74,0 ab	77,7 ab	94,0 b	57,5 a	74,7 ab	71,0 ab
	Peso frutos (g)	66,7 bc	60,5 a	63,1 ab	67,8 c	62,2 a	69,6 c
	Longitud frutos (cm)	10,9	10,9	10,7	10,9	10,7	10,9
	Rendimiento/muestra (g)	4948,6 ab	4722,6 ab	5951,7 b	3931,1 a	4662,5 ab	4917 ab
2 ^a	N° de frutos/muestra	69,7 a	82,5 ab	121,0 c	69,7 a	110,7 bc	83,0 ab
	Peso frutos (g)	46,0 ab	41,1 a	44,4 ab	45,0 ab	42,4 ab	48,8 b
	Longitud frutos (cm)	8,2	8,4	8,0	8,2	8,1	8,2
	Rendimiento/muestra (g)	3228,6 a	3352,4 a	5418 b	3053,9 a	4719,2 ab	4135 ab
3 ^a	N° de frutos/muestra	0,5 a	5,0 b	2,0 a	1,3 a	4,7 b	0,3 a
	Peso frutos (g)	8,7	38,2	27,2	16,1	39,1	14,7
	Rendimiento/muestra (g)	17,5 a	194,7 b	71,7 a	48,7 a	171,7 b	14,7 a
	Rendimiento/ha, t	48,8 ab	49,2 a	68,1 c	41,9 a	56,9 bc	54,0 ab

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

* Cal. = calidad

La Figura 2 muestra como el cultivar FBM 10 obtuvo el mayor rendimiento productivo por hectárea, tanto en los frutos de primera como de segunda categoría, con 35,43 y 32,25 toneladas por hectárea, respectivamente. El cultivar FBM

11 presentó el menor rendimiento de frutos de primera y segunda, con 23,40 y 18,18 toneladas por hectárea respectivamente, por último, FBM 9 obtuvo la mayor cantidad de frutos de tercera calidad con 1,2 toneladas por hectárea.

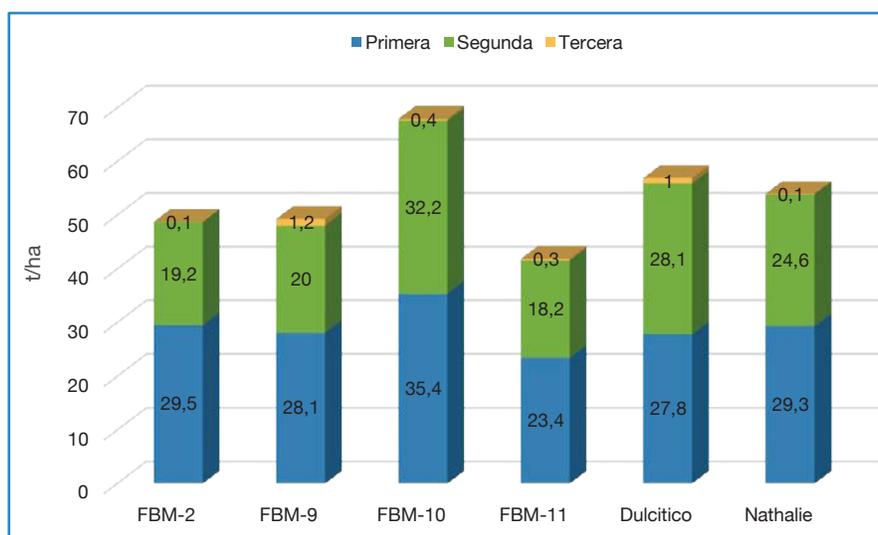


Figura 2. Rendimiento productivo (t/ha), según categoría comercial (primera, segunda y tercera calidad). EEEJN, 2015.

Todos los materiales a excepción de Dulcítico, obtuvieron una mayor proporción de frutos de primera que de segunda calidad. El cultivar FBM 2 presentó el mayor porcentaje de frutos de primera con 60 % y el menor porcentaje de frutos

de segunda con un 39 % y 1 % de rechazo. El cultivar que obtuvo el mayor rendimiento productivo (FBM 10) (68,1 t/ha) presentó un 52 % de frutos de primera, un 47,3 % de frutos de segunda y un 0,6 % de tercera (Figura 3).

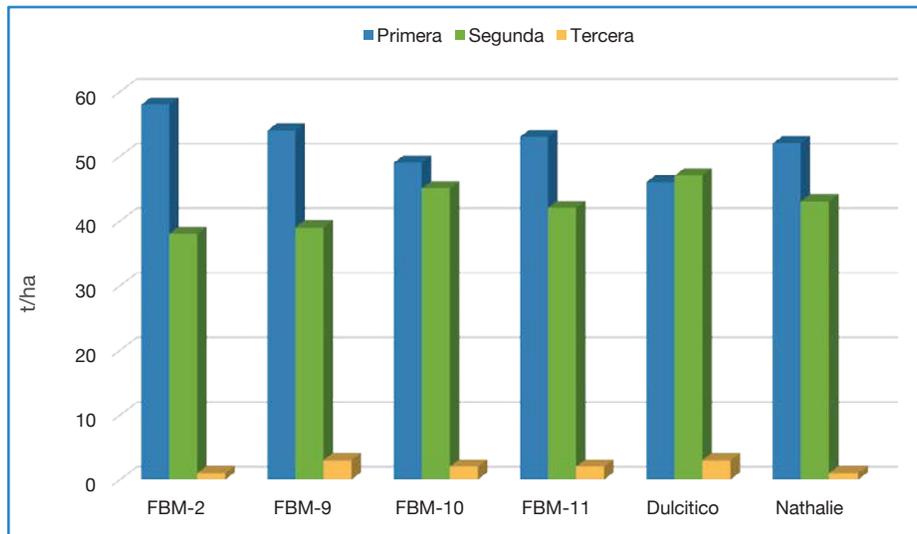


Figura 3. Clasificación de la producción (%) según categoría (Primera, segunda y tercera) comercial para los cultivares de chile dulce. EEEJN, 2015.

Monitoreo de los factores climáticos

Temperatura

La menor temperatura promedio dentro del invernadero se presentó a las 7 a.m., con un valor de 27,1 °C y una desviación estándar de 1,7. Posteriormente, a las 9 a.m. se presentó un incremento en la temperatura dentro del módulo llegando en promedio a los 32,3 °C, con un salto térmico (Diferencia de temperatura entre el exterior y el interior del invernadero) de 2,1 °C y una desviación estándar de 1,4 (Cuadro 4). Estas mediciones nos indican que al menos hasta las 9 a.m., la temperatura, al no superar los 35 °C (límite superior para una normal actividad fotosintética) no estaría afectando las principales funciones fisiológicas de las plantas, las cuales son: absorción de agua y elementos minerales por las raíces, la transpiración del vapor de agua por las hojas, junto con la fotosíntesis y la respiración (Berninger 1989).

Por otra parte, la máxima temperatura dentro del invernadero se presentó a la 1 pm, promediando 35,1 °C, con un salto térmico de 2 °C y una desviación estándar de 1,4, lo que nos indica que hubo meses como octubre, noviembre, febrero, marzo, abril y mayo que presentaron temperaturas mayores al límite superior del rango de eficiencia fotosintética para el cultivo de chile dulce que es de 35 °C, afectando el funcionamiento de la planta con cierres parciales o totales de los estomas, lo que disminuye la transpiración y la conversión de foto asimilados. Esta situación limita la capacidad de producir frutos y ocasiona una senescencia más temprana de la planta, lo que disminuye el número de cosechas, que para este ensayo tuvo un máximo de 13.

Cuadro 4. Registros de la temperatura (°C) en el interior y exterior del invernadero. (Octubre 2014 a mayo 2015). EEEJN, 2015.

Mes	7 a.m.		9 a.m.		1 p.m.	
	Temperatura externa, °C	Temperatura interna, °C	Temperatura externa, °C	Temperatura interna, °C	Temperatura externa, °C	Temperatura interna, °C
Octubre	26,3	28,1	30,4	33,6	33,7	36,0
Noviembre	24,9	26,8	29,1	32,7	32,5	35,3
Diciembre	25,4	26,1	28,9	30,8	30,6	32,9
Enero	26,2	26,3	28,6	30,4	30,5	33,1
Febrero	24,5	24,3	29,6	31,3	34,4	36,4
Marzo	28,1	29,0	31,4	34,1	33,1	35,3
Abril	28,9	29,4	31,3	32,5	33,9	35,2
Mayo	26,3	26,6	32,4	33,2	36,2	36,7
Promedio	26,3	27,1	30,2	32,3	33,1	35,1
Desv. Est.	1,5	1,7	1,4	1,4	1,9	1,4

Humedad relativa

La mayor higrometría dentro del invernadero se presentó a las 7 a.m. con un promedio de 75,7 % y una desviación estándar de 7,9 (Cuadro 5). Estos contenidos de vapor de agua cercanos a la saturación, se deben a la disminución de la temperatura en la noche, que provoca una condensación del vapor de agua. A las 9 a.m. se presentó una disminución de la humedad dentro del recinto en 11,7 unidades, por efecto del incremento de la temperatura, que en promedio para esta hora fue de 32,3 °C. Aunque la humedad ambiental no influye directamente en la fotosíntesis, su papel es indirecto a través de la apertura estomática, por lo que los niveles antes descritos en ese lapso de la mañana no debieran limitar la transpiración de la planta.

A la 1 p.m. se obtuvo en promedio la menor humedad relativa dentro del módulo con un 54,2 %, sin que existiera una gran fluctuación de los valores con respecto al promedio, ya que la desviación estándar fue de 5,1. Aunque la higrometría del aire en este punto del día presentó sus niveles más bajos, cabe destacar que superó la humedad promedio externa, la cual fue de 51,3 %, lo que evidencia que las plantas tuvieron algún nivel de transpiración, aportando vapor de agua al ambiente, lo que significa que las raíces absorbieron agua y minerales en las horas más calientes del día. Aun así, niveles por debajo del 70 % de humedad son perjudiciales para el cuajado del fruto y provoca el aborto floral, lo que puede explicar la razón por la cual, el rendimiento obtenido en esta prueba sea 38,6 toneladas menor al obtenido por Echandi 2012.

Cuadro 5. Registros de humedad relativa (%) en el interior y exterior del invernadero. (Octubre 2014 a mayo 2015). EEEJN, 2015.

Mes	7 a.m.		9 a.m.		1 p.m.	
	Humedad externa, %	Humedad interna, %	Humedad externa, %	Humedad interna, %	Humedad externa, %	Humedad interna, %
Octubre	84,3	79,7	71,1	66,7	62,2	57,5
Noviembre	88,4	88,2	73,9	71,8	58,6	57,1
Diciembre	67,4	73,4	59,2	66,6	55,0	58,3
Enero	65,9	72,3	59,4	66,3	55,5	60,8
Febrero	72,1	77,1	58,4	63,4	40,5	47,1
Marzo	61,6	67,1	51,7	54,5	46,2	52,6
Abril	59,7	64,6	52,0	57,8	47,6	52,9
Mayo	81,8	83,0	55,3	64,9	45,1	47,0
Promedio	72,6	75,7	60,1	64	51,3	54,2
Des. Est.	10,9	7,9	8,2	5,5	7,5	5,1

El comportamiento de la temperatura y la humedad relativa, aunque no es inversamente proporcional, se encontró un estrecho ligamen durante los meses en que se llevó a cabo el experimento. Conforme la temperatura promedio diaria aumentó dentro del invernadero, a partir del mes de marzo (32,8 °C) la humedad relativa se situó en

los niveles más bajos, cercanos al 57 % (Figura 4). Estos niveles de humedad posibilitan el uso de sistemas de humidificación para aumentar la higrometría del aire, con el fin de disminuir la temperatura y generar un mejor ambiente para que las plantas realicen eficientemente su metabolismo.

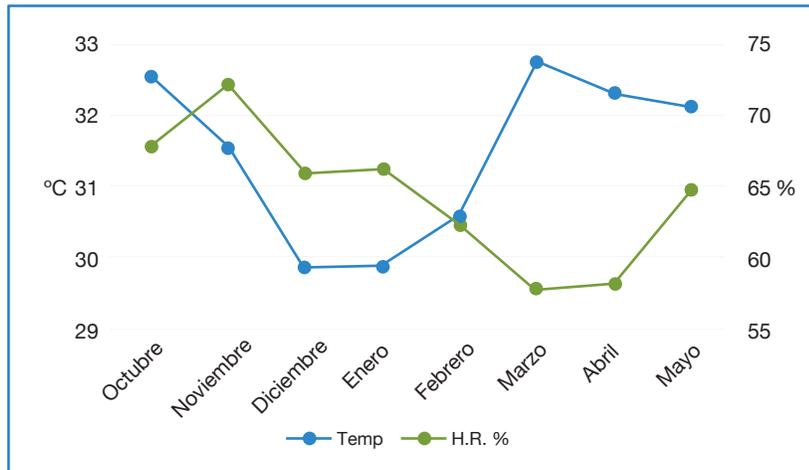


Figura 4. Promedio diario de las variables climáticas temperatura y humedad relativa dentro del invernadero, durante los meses del experimento. (Octubre 2014 a mayo 2015). EEEJN, 2015.

Radiación

Los niveles promedio de la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) dentro del invernadero, una vez traspasada la cobertura plástica a las 7 a.m., 9 a.m. y 1 p.m. fueron de 26, 88 y 98 watts/m², respectivamente. Esto representa una reducción de un 52 % con respecto a la radiación registrada fuera del recinto (Cuadro 6). La disminución del paso de la luz se debió a la presencia de una pantalla de sombreo tipo luminet de 50 % sombra, en los meses de mayo y abril para evitar quemadura de frutos por el sol. En la mayoría de cultivos C3 como el chile dulce, la saturación del sistema fotosintético se alcanza alrededor de los 90 watts/m², lo que sugiere que la cantidad de

radiación que llegó a las plantas en estudio fue óptima para desarrollar el proceso fotosintético desde tempranas horas de la mañana. (Langhams *et al.* 1997).

La desviación estándar para esta variable evidencia que existe una variación importante durante las tres horas (7 a.m.; 9 a.m. y 1 p.m.) que se realizó las lecturas con valores de 15, 31 y 23 respectivamente. Estas fluctuaciones son un reflejo de la dinámica ambiental presente en la época seca en la Región Chorotega, lo que demuestra que el manejo de la luz por medio de coberturas plásticas y sombras es imprescindible para buscar mejorar el rendimiento productivo y la calidad de la producción.

Cuadro 6. Registros de radiación fotosintéticamente activa (PAR) (watts/m²) en el interior y exterior del invernadero (EEEJN, octubre 2014 a mayo 2015).

Mes	7 a.m.		9 a.m.		1 p.m.	
	Radiación externa, PAR	Radiación interna, PAR	Radiación externa, PAR	Radiación interna, PAR	Radiación externa, PAR	Radiación interna, PAR
Octubre	91	51	166	100	196	135
Noviembre	63	36	211	136	159	83
Diciembre	65	30	177	98	144	79
Enero	13	8	156	76	172	96
Febrero	38	12	173	91	227	120
Marzo	82	35	193	108	211	116
Abril	62	20	154	63	242	92
Mayo	71	16	137	34	229	66
Promedio	60	26	171	88	198	98
Desv. Est.	25	15	23	31	36	23

Análisis económico

Costos

El rubro que tiene el mayor costo económico es el invernadero, con 1,5 millones de colones por 1000 m² de área, suponiendo una depreciación de la estructura a 10 años, lo que significa un 50 % de la inversión inicial. El segundo mayor egreso lo representa la mano de obra con 0,67 millones de

colones por cada 1000 m² (Cuadro 7). Este tipo de actividad necesita un personal especializado, por lo que se pueden generar empleos permanentes que impacten socialmente a zonas con pocas posibilidades de empleo como Guanacaste. Además, este desglose de los costos nos indica que, para mejorar la competitividad de la actividad de chile dulce, se deben valorar otras opciones de ambiente protegido, con menor costo que los invernaderos.

Cuadro 7. Costos de insumos utilizados en 1000 m² de chile dulce en invernadero. EEEJN, 2015

Rubro	Unidad de medida	cantidad (1000 m ²)	valor/unidad (millones ₡)	Total (millones ₡)
Mano de obra	Jornales	72	0,0093	0,67
Cuido almácigos	N° bandejas	36,5	0,0004	0,01
Cintas de goteo	Rollo/2200m	1	0,1	0,10
Solución nutritiva	m ³	126	0,004	0,50
Semilla	Unitario	3571,4	0,000025	0,09
Funguicidas	Kilogramos	1	0,002	0,002
Insecticidas	Litros	1	0,001	0,001
Invernadero y equipo de riego*	m ²	1000	0,0015	1,50
Sustrato**	m ³	58,3	0,0013	0,08
Contenedor***	m	1071,4	0,00011	0,12
Total				3,07

*Depreciación a 10 años.

** Depreciación a 6 años

*** Depreciación a 6 años

Flujo de caja

El cultivar de chile dulce que obtuvo la mayor utilidad neta fue el FBM 10 con 2,11 millones de colones por cada 1000 m². Esto se debió a que obtuvo los mayores ingresos totales de frutas de primera y segunda calidad, con 3,08 y 2,10 millones de colones respectivamente, superando en ingresos al cultivar testigo (Nathalie) por 1,08

millones de colones (Cuadro 8). Todos los cultivares obtuvieron una relación beneficio costo superior a 1, lo que indica que todos presentan ganancias; aunque se debe destacar que el mayor valor lo obtuvo FBM 10 con 1,69, lo que significa que, por cada colón invertido, se recupera ese colón y genera 0,69 colones de ganancia, demostrándose que esta actividad es rentable para productores o inversionistas.

Cuadro 8. Flujo de caja para 1000 m² de chile dulce en invernadero. EEEJN, 2015.

Cultivar	Ingresos				Ingreso total (millones de colones)	Egreso total Costo de insumos (millones ₡)	Saldo (millones ₡)	Relac. B/C
	Primera calidad		Segunda calidad					
	Rendimiento (t/1000 m ²)	Ingreso (millones de colones)	Rendimiento (t/1000m ²)	Ingreso (millones de colones)				
FBM 2	2,95	2,56	1,92	1,25	3,81	3,07	0,74	1,24
FBM 9	2,81	2,44	2,00	1,30	3,75	3,07	0,68	1,22
FBM 10	3,54	3,08	3,22	2,10	5,18	3,07	2,11	1,69
FBM 11	2,34	2,03	1,82	1,19	3,22	3,07	0,15	1,05
Dulcítico	2,78	2,41	2,81	1,83	4,25	3,07	1,18	1,38
Nathalie	2,93	2,55	2,46	1,61	4,15	3,07	1,08	1,35

Chile dulce de primera calidad: ₡869,665/t.

Chile dulce de segunda calidad: ₡652,174/t.

(Fuente: PIMA CENADA 2015).

LITERATURA CITADA

Berninger, E. 1989. Cultures florales de serre en zone méditerranéenne française: Eléments climatiques et physiologiques. Paris. INRA, PHM-Revues Horticoles. 23 p.

Echandi, C. 2012. Híbridos promisorios de chile dulce para la zona media-alta de Costa Rica. Boletín Técnico Quincenal de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. p. 4-7.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Los recursos genéticos en la agricultura: clave para la seguridad alimentaria. (en línea) Roma, Italia. 2 p. Consultado 16 set. 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/NEWSROOM/es/news/2006/1000316/index.html>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2014. Production de produits alimentaires et agricoles (en línea). Roma, Italia. 4 p. Consultado 05 ago. 2014. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

Giménez, F; Lúquez, J; Suárez, J. 2001. Estabilidad y adaptabilidad de cultivares de soja para rendimiento en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. (en línea). Rev. Fac. Agron., La Plata, Argentina 104(2) 3-103. Consultado 14 set. 2014. Disponible en: http://www2.agro.unlp.edu.ar/uploads/R/104_93_103.pdf

- Linares, L. 2004. Comportamiento de variedades de chile dulce (*Capsicum annuum*) en la región occidental de El Salvador. *Agronomía Mesoamericana*. 15(1):2-3.
- Ministerio de Salud, Costa Rica; MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Costa Rica); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2007. Reglamento técnico para el consumo fresco de chile dulce (en línea). *Diario Oficial La Gaceta* N° 101, San José, Costa Rica; 28 may. 2007. p. 2-8. Consultado 4 abr. 2015. Disponible en: www.imprentanacional.go.cr/gaceta/
- Morales, D; Rodríguez, R. 2010. Estudio de viabilidad técnica y económica para el desarrollo de opciones de cosecha de lluvia y manejo adecuado en sistemas de riego en la producción agropecuaria. Alternativas rentables productivas por región. Guanacaste, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). p.14-18. Consultoría SP-16-2009.
- Orellana, F; Escobar, J; Morales, A; Méndez, I; Cruz, R; Castellón, M. 2012. Guía Técnico Cultivo de Chile Dulce. San Salvador, El Salvador. Centro Nacional de tecnología agropecuaria y Forestal (CENTA). (en línea). 4 p. Consultado 08 set. 2014. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Chile.pdf>
- PIMA (Programa Integral de Mercadeo Agropecuario, Costa Rica); CENADA (Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos, Costa Rica). 2015. (en línea). Boletín setiembre 2015 de volúmenes y precios de mayorista a minoristas San José, Costa Rica. 1 p. Consultado 01 set. 2015. Disponible en <http://pima.go.cr/AP/CM/PG5028L1/PIMA-PROGRAMA-INTEGRAL-DE-MERCADO-AGRO PECUARIO.aspx>
- PIMA (Programa Integral de Mercadeo Agropecuario, Costa Rica); CENADA (Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos, Costa Rica). 2013. Tendencias de Consumo de Frutas, Hortalizas, Pesado y Mariscos en las familias de Costa Rica. (en línea) Heredia, Costa Rica. p. 38-42. Consultado el: 13 set. 2014. Disponible en: <http://pima.go.cr/AP/CM/PG1019L1/PIMA-PROGRAMA-INTEGRAL-DE-MERCADO-AGROPECUARIO.aspx>
- Ramírez, R; Aguilar, J; Meza, L. 2013. Evaluación del rendimiento y adaptabilidad de nueve cultivares de chile dulce (*Capsicum annuum*) bajo cobertura plástica en la Región Chorotega. San José, Costa Rica, INTA. Informe de archivos Técnicos del INTA. p 11-13.
- Samaniego, R. 2006. Efecto de la producción orgánica y convencional de chile dulce (*Capsicum annuum*) bajo invernadero sobre el componente planta-suelo en el cantón de Alfaro Ruiz. (en línea) Tesis MSc. Alajuela, Costa Rica. CATIE. 92 p. Consultado 12 set. 2014. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0983E/A0983E.PDF>
- Urban, L. 1997. Introduction a la production sous serre. *In*: Castilla, N. Invernaderos de plástico. Madrid. España, Editorial Mundi-Prensa. p. 147-158.

MUESTREO Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE MOSCA DEL ESTABLO EN RASTROJO DE PIÑA¹

Yannery Gómez-Bonilla²

RESUMEN

Muestreo y fluctuación poblacional de mosca del establo en rastrojo de piña. El objetivo fue determinar la cantidad de la mosca del establo en el rastrojo de piña en derriba en seco. El estudio se realizó en la Finca Babilonia-Siquirres, Costa Rica de agosto a diciembre del año 2012, en una hectárea de rastrojo de piña. El tamaño de la muestra se obtuvo por medio de la Ley de Taylor. Para la captura de adultos, se colocaron cuatro trampas blancas con pegamento al borde de las parcelas de 50x40 m. Para el conteo de larvas se ocuparon las mismas cinco parcelas, se lanzó seis veces al azar un marco de 0,0625 m², se tomó la planta de piña y el suelo a 20 cm de profundidad. En el tallo de piña en descomposición y en trampas blancas se encontró una alta población de mosca del establo, doméstica y *Euxesta* sp. La mosca del establo exhibió un patrón de distribución agregada en el cultivo. Se determinó, que el tamaño de muestra representativa por hectárea para larvas, fue de seis puntos de muestreo y para adultos una trampa. La fluctuación poblacional de la mosca del establo a través del tiempo en rastrojo de piña fue en aumento, después de la quema con fuego la población bajo en un 50 % y al incorporar el rastrojo al suelo, la población disminuyó en un 80 %. Se pudo comprobar que hay salida de mosca después de incorporado al suelo el rastrojo.

Palabras clave: Ley de Taylor, *Stomoxys calcitrans* L., tamaño de muestra, mosca doméstica, *Euxesta* sp.

INTRODUCCIÓN

La mosca del establo (*Stomoxys calcitrans* L.), es una plaga cosmopolita que produce pérdidas directas en la producción de carne y leche como resultado de sus hábitos hematófagos (Mramba *et al.* 2007). Estos insectos son un problema tanto para animales de vida silvestre, como para animales domésticos y humanos (Zumpt 1973).

Las variaciones de población han sido estudiadas en diferentes países, con el fin de conocer los meses de mayor abundancia (Rodríguez-Batista *et al.* 2005, Taylor *et al.* 2007, Gilles *et al.* 2007, Keawayup *et al.* 2012). Es importante tener conocimiento de la distribución de una plaga porque permite tener un enfoque selectivo

1 Este estudio forma parte de un proyecto de investigación financiado por el INTA y la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (FITACORI), San José, Costa Rica.

2 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). ygomez@inta.go.cr Apartado Postal 10094, San José, Costa Rica.

y la implementación de medidas de control en el tiempo y espacio, puede ayudar a realizar un manejo integrado plagas (MIP) (Orenstein *et al.* 2003). En Costa Rica, el primer reporte de mosca del establo se dio por parte de algunas fincas ganaderas debido a la abundancia relativa en ciertos meses del año (Herrero *et al.* 1989, Herrero *et al.* 1991).

Esta mosca se alimenta principalmente en las patas, en los flancos de las reses. Los Machos y las hembras chupan sangre dos o tres veces al día, aproximadamente durante cinco minutos y cuando no se están alimentando suelen ubicarse fuera del hospedero, en las paredes u objetos próximos (Chong-Chin *et al.* 2011).

Asociado al problema de la mosca del establo, se encuentra otra importante plaga como es la mosca doméstica que es una de las plagas más comunes y extendidas en el mundo, es una plaga problemática como vector de más de 100 patógenos serios (virus, bacterias, hongos, protozoos y nematodos) (Davies *et al.* 2016, Hernández *et al.* 2012, Zumbado 2006). Las moscas domésticas reproducen fácilmente, una hembra puede poner hasta 500 huevos, y en áreas tropicales esta especie puede darse hasta 20 generaciones / año (Stensmyr 2013 citado por Hamid *et al.* 2016). Estos insectos son considerados una de las peores plagas domésticas, superando a los mosquitos, hormigas y cucarachas (Zumbado 2006).

Estas dos plagas han venido en aumento en el rastrojo de piña con la introducción de la variedad

de piña MD-2. Se intensificó la siembra de este cultivo en Costa Rica, en el año 2014 donde se reportaron 37 659,9 ha sembradas (INEC 2015), de las cuales un 47,5 % se encuentra en la zona Huetar Norte, que es donde más número de brotes de mosca de establo se reporta (SENASA 2012). Después de la segunda cosecha, las plantas de piña se cortan y se incorporan en el suelo en preparación para la replantación.

Lo primero a considerar son los muestreos para poder determinar los principales factores que conllevan a tipificar una muestra para insectos los cuales son: la selección de la unidad de muestreo, la determinación del tamaño de muestra, y el programa de muestreo (Veccol *et al.* 2015). Se debe conocer el patrón de dispersión espacial de la plaga. La Ley de Taylor permite definir el tipo de dispersión de la plaga, lo cual sería un gran aporte al poder contar con el tamaño de la muestra n expresada en términos de sus coeficientes (Navarro-Flores 1992, Giraldo-Mendoza *et al.* 2002, Kalsi *et al.* 2014, Arbab y Mirphakhar 2016). Se han realizado investigaciones con otros insectos como la mosca blanca, trips, algunos dípteros, coleópteros y otros; donde se ha establecido que la Ley de Taylor es robusta para determinar la distribución (Sociás *et al.* 2014, Stubbins *et al.* 2014, Zhang *et al.* 2015, Veccol *et al.* 2015, Zheng-Young *et al.* 2015, Arbab y Mirphakhar 2016).

El objetivo fue determinar la cantidad de la mosca del establo en el rastrojo de piña en derriba en seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en una hectárea de la Finca Babilonia de PINDECO, en el cantón de Siquirres, provincia de Limón, Costa Rica. La zona se clasifica según las zonas de vida de Holdridge (Bolaños *et al.* 1998) como húmedo tropical. El periodo del estudio comprendió los meses de agosto a principios de diciembre del año 2012. En la zona se registró un rango de temperatura de 25 a 29 °C, una humedad relativa de 80 a 95 % y la precipitación varió desde

150 a 780 mm (Estación climática de PINDECO: Davis Vantage Pro, Vernon Hills, IL).

Eliminación de la plantación (derriba)

Posterior a la cosecha del fruto, las plantas se sometieron a derriba, la cual consistió en la aplicación del herbicida paraquat a 2 PF/ha mediante una aplicación con un boom de 40 boquillas

acoplada a un tractor. El herbicida deseca la planta hasta secar las hojas, luego de casi 30 días se quemaron con fuego, se trituraron, y se incorporaron al suelo por medio de una pasada de rastra de discos. En el muestreo se incluyeron todas estas etapas debido a las posibles variaciones de las poblaciones del insecto.

Se realizó una prueba de *t* de Student utilizando el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2008), para comparar las poblaciones de mosca del establo antes y después del fuego, así como de antes y después de incorporar el rastrojo al suelo y así cuantificar el efecto de esa práctica.

Muestreo de larvas

Para el conteo de larvas se tomaron muestras en una hectárea de terreno previo al iniciar la derriba del cultivo. El área se dividió en cinco parcelas del mismo tamaño con un área de 2000 m². Dentro de cada parcela se caminaba en un transepto en diagonal, tratando de cubrir el área, se utilizó como una unidad de muestreo un cuadro de metal de 0,25 x 0,25 m (0,0625 m²), el cual fue lanzado al azar, cinco veces en cada parcela, para un total de 25 unidades muestrales por hectárea. Este procedimiento se realizó cada ocho días durante 10 semanas (hasta la incorporación del material al suelo). De cada unidad de muestreo se tomaron 20 cm de suelo, aproximadamente un kilogramo y la planta completa

de piña, la cual se colocó en una bolsa plástica y se llevó al laboratorio para su análisis. En el laboratorio con una lupa de 40x y un estereoscopio (Nikon, Mod: C-Lex) se revisaron las muestras, se separaron por morfología y contaron las larvas y pupas de las especies más abundantes y se llevaron a identificar al Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), para determinar las especies presentes en los rastrojos.

Muestreo de adultos

Para el muestreo de adultos de mosca del establo se colocaron 4 trampas/parcela de bolsas plásticas (0,8 x 0,60 m) color blanco con pegamento (Zapicol mezclado con gasolina comercial); en las mismas cinco parcelas del muestreo de larvas, en el borde de cada parcela se colocó una trampa blanca en cada punto cardinal, para un total de 20 trampas/ha. Cada bolsa estaba sujeta por dos palos de madera a 20 cm del suelo (Figura 1). Al igual que con las larvas este procedimiento se realizó cada ocho días durante 10 semanas (después de la incorporación del material al suelo, se dejaron las trampas una semana más y únicamente se contó adultos de la mosca del establo). Cada semana se realizó el conteo de los insectos pegados y se identificó las especies más abundantes en ambas caras, para conocer su fluctuación poblacional a través del tiempo en el estudio. Una vez contados los insectos de la bolsa, inmediatamente se reemplazaba por una nueva.

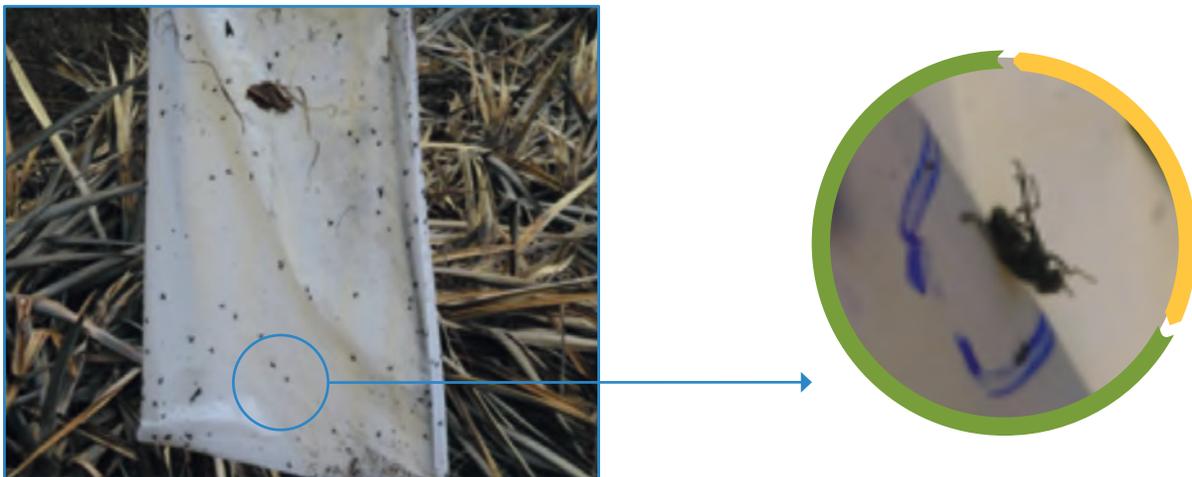


Figura 1. Adulto de mosca del establo en trampa blanca con pegamento en rastrojo de piña. Finca Babilonia Siquirres, Costa Rica, 2012.

Para poder comprobar la salida de las moscas en el rastrojo de piña, se colocaron tres tipos de trampas en un metro cuadrado, en las semanas 8 y 9, en cada una de las parcelas anteriormente descritas (Figura 2). La trampa A utiliza botellas plásticas transparentes de 2-3 litros. La mosca es atraída por la luz y queda capturada en la botella, esta trampa tiene la ventaja que captura la mosca viva. (Diseño original del PINDECO). La trampa B es una trampa con una bolsa blanca pintada con pegamento, se utilizó de dos formas, en forma

vertical, que es la más utilizada y C forma horizontal a 20 cm sobre el suelo (Diseño original de Ing. Dennis Alpízar Monge del INTA). Todas las trampas fueron cubiertas por un sarán, para que únicamente las moscas del suelo tengan la posibilidad de ingresar a la trampa.

Se realizó ANDEVA con el programa InfoStat, para comparar las poblaciones a través del tiempo de las moscas capturadas y los tipos de trampas.



Figura 2. Tipos de trampas utilizadas, para captura de adultos que salen de los rastrojos de piña. Finca Babilonia Siquirres, Costa Rica, 2012.

Tamaño de muestra, larvas y adultos

Para determinar el tamaño de la muestra para larvas y adultos de la mosca del establo, se siguió la Ley de Taylor (Taylor 1984), la cual explica la relación entre la media y la variancia, $S^2 = a m^b$. Los coeficientes de Taylor pueden calcularse de acuerdo con la siguiente ecuación: $\log S^2 = \log a + b \log m$ (Duque- Echeverri 1996, Giraldo- Mendoza *et al.* 2002, Barrera *et al.* 2006). Esta es una simple regresión en donde se contrastan las variancias de diversas muestras contra sus respectivas medias, todo transformado en logaritmos. En la práctica, **b** es considerado como una medida específica de la especie de dispersión de los recuentos en el muestreo, si $b > 1$ (los patrones espaciales indica que la población se encuentra agregado), si $b = 1$ (se encuentra al azar) y si $b < 1$ (se encuentra en forma regular).

Finalmente, **a** es un factor de muestreo que tiene menos interés para definir el patrón de agregación (Taylor 1984, Kuno 1991).

Una vez obtenidos los valores de **a** y **b** de la anterior ecuación, se utilizó la fórmula que se describe a continuación para obtener el tamaño de muestra.

$$n = \frac{ax^{(b-1)}}{c}$$

Donde: **n**: tamaño de muestra, **a**: parámetro que representa Intercepto de la ecuación, **b**: parámetro que representa pendiente, **x** = promedio de las muestras realizadas, **c**: precisión, escogida de 90 %.

Análisis de datos

Se realizó la prueba de t de Student para comparar las poblaciones de mosca del establo antes y después del fuego y de incorporar el rastrojo al suelo y así cuantificar el efecto de esas prácticas.

En el caso de los muestreos semanales se realizó ANDEVA con un modelo lineal generalizado con repeticiones en el tiempo, para los conteos de adultos de las diferentes especies para determinar el efecto de las prácticas de manejo del cultivo sobre las poblaciones, con separación de medias utilizando prueba de Tukey, en el programa InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de especies de moscas encontradas en el rastrojo de piña

Las plantas de piña fueron revisadas exhaustivamente. No se encontraron indicios de ningún tipo de larva en plantas de piña verde, las primeras larvas se encontraron a partir del inicio de la descomposición de las plantas de piña, lo cual ocurrió luego de dos semanas de la derriba.

En el rastrojo de piña, se identificaron dos especies de larvas en mayor abundancia: la mosca del establo, donde las larvas se pueden identificar por el tipo de espiráculos bien separados y en forma triangular (Figura 3) y *Euxesta* sp. (Figura 4), cuyos espiráculos se encuentran expuestos. En el caso de los adultos, en las

trampas con pegamento se encontraron en gran abundancia tres especies, las dos citadas anteriormente y la mosca doméstica (*Musca domestica*) donde las larvas tienen sus espiráculos más juntos y en forma arriñonada (Figura 5). Todas estas moscas son atraídas por material en descomposición (Birkemoe y Sverdrup-Thygeson 2011).

En las mismas tres figuras se muestran las pupas de cada especie, que tienen las mismas características de los espiráculos que las larvas. Los adultos, de la mosca del establo se caracterizan por poseer una probóscide en forma de aguja, la doméstica tiene una probóscide más gruesa y en forma de esponja y *Euxesta* sp. se caracteriza porque posee alas con manchas oscuras en líneas horizontales. En las muestras de suelo no se encontró ningún tipo de insecto.

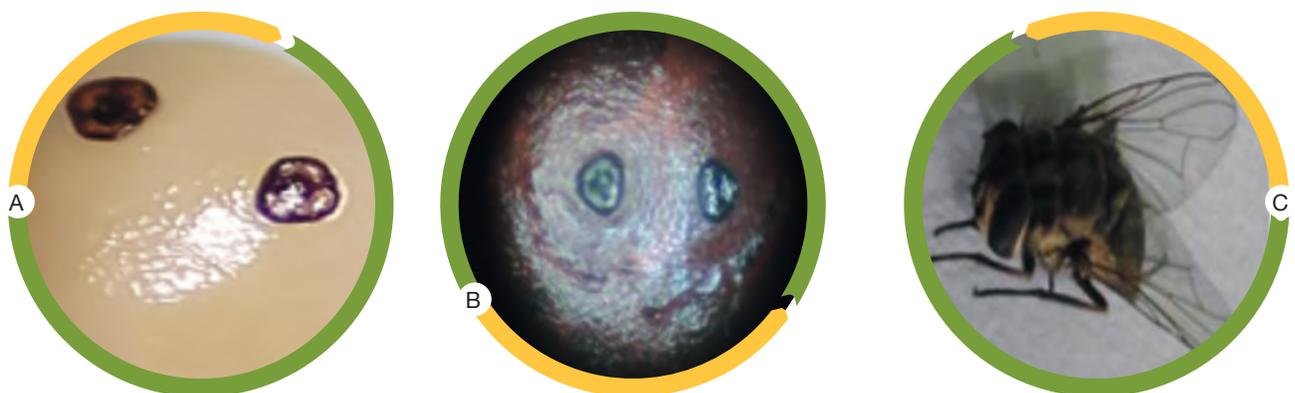


Figura 3. Larva (A), pupa (B), adulto de mosca del establo (C). Finca Babilonia Siquirres, Costa Rica, 2012.

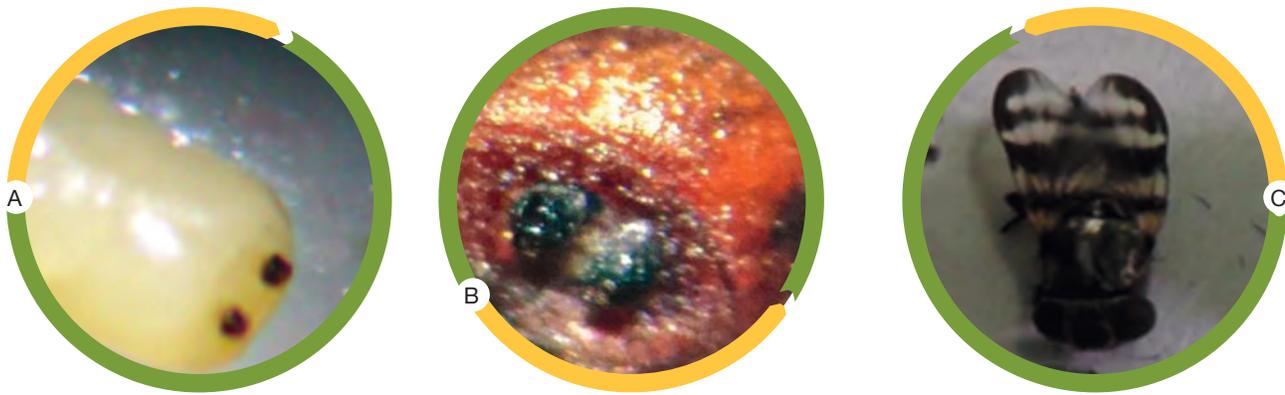


Figura 4. Larva (A), pupa (B), adulto de *Euxesta* sp. (C). Finca Babilonia, Siquirres, Costa Rica, 2012.

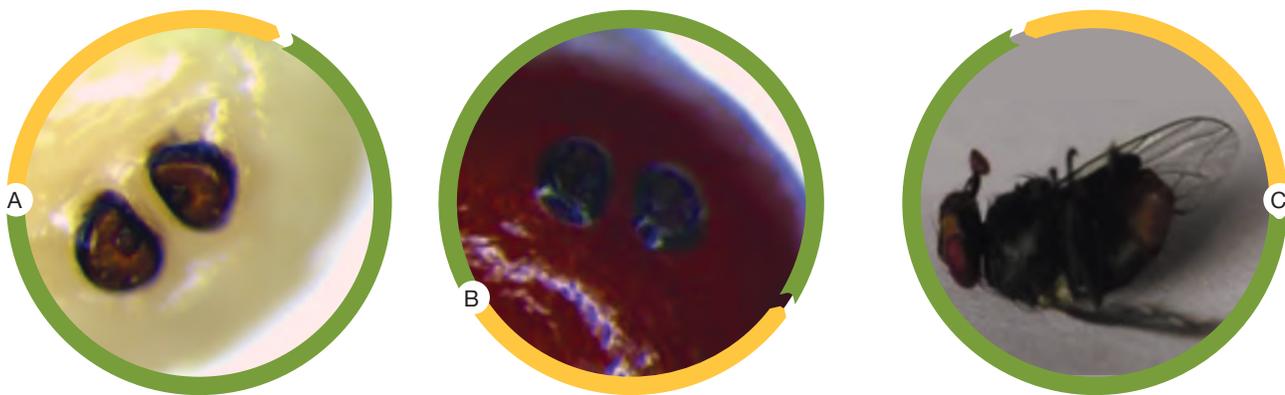


Figura 5. Larva (A), pupa (B), adulto de mosca doméstica (C). Finca Babilonia, Siquirres, Costa Rica, 2012.

Tamaño de muestras y distribución espacial de larvas y adultos de la mosca del establo

LARVAS: Los resultados que se muestran en el Cuadro 1, fueron para calcular el tamaño de muestra para larvas de la mosca del establo, se obtuvo una R^2 de 0,7 y la $p= 0,0789$, para 43 puntos de muestreo en una hectárea de rastrojo. Esto representa un número de muestras bastante alto, lo que conllevaría mucho trabajo y tiempo para los que van a tomar la muestra y revisarla; también es difícil de manejar debido a la cantidad de larvas de diferentes especies que se encontraron en cada tallo. Las larvas tienen tamaños de (2-6 mm), muy parecidos y difíciles de diferenciar a simple vista. Este material vegetal que se encuentra en proceso de descomposición desprende mal olor, lo que dificulta trabajar por

largos periodos de tiempo. Por esas razones se consideró el ajuste de tamaño de muestra, que sugiere Taylor, mediante una transformación lineal, de la media y la varianza. Al transformar los datos, mejoró la $R^2 = 0,89$ y la probabilidad fue significativa $p= 0,004$. El tamaño de la muestra obtenido fue de seis puntos de muestreo/hectárea (Cuadro 1), este tamaño de muestra debería responder a la disponibilidad de tiempo y recurso. El procedimiento anterior se describe ampliamente en los trabajos de (Kuno 1991 y Navarro 1992).

Por medio de la relación media-varianza descrita en la Ley de Taylor se confirma que la distribución de la larva y adultos de la mosca del establo se da en forma agregada (Cuadro 1) identificando como los sitios de agregación únicamente a las plantas de piña en descomposición. Estos residuos vegetales, combinado con el clima

húmedo y la alta precipitación, son un excelente substrato para el desarrollo de las larvas de estas especies. La agregación se ha señalado como un patrón común presente en muchas especies de insectos (Faleiro *et al.* 2002, Salama y AbdeElgawad 2010, Arbab y Mirphakhar 2016). Moradi-Vajargah *et al.* (2011) observaron un patrón de distribución de agregados para todas las etapas de la vida del gorgojo de la alfalfa *Hypera postica* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) excepto pupas, que exhibió un patrón aleatorio por aumento de la densidad.

ADULTOS: En el caso del monitoreo de adultos de la mosca del establo, se utilizó la misma fórmula, y al igual que con las larvas al transformar los datos, mejora la significancia y la R^2 . Se determinó que al colocar una trampa/ha, se obtiene

información confiable (Cuadro 1). Los tamaños de muestras óptimos van a depender también del nivel de precisión deseado y son una herramienta para la toma de decisiones en la investigación (Arbab y Mirphakhar 2016).

En el monitoreo de adultos con las trampas blancas, se encontró *Euxesta* sp, moscas domésticas y del establo, estas dos últimas son plagas importantes en las explotaciones ganaderas y a menudo dependiendo del tipo de trampa y del tiempo de exposición se da mayor abundancia de una especie que otra (Birkemoe y Sverdrup-Thygeson 2011). En el caso de mosca del establo los adultos tienen la capacidad de desplazarse a distancias considerablemente largas para ovipositar (Taylor *et al.* 2010).

Cuadro 1. Patrón espacial y tamaño de muestra usando la Ley de Taylor con datos reales y transformados (trans) para la mosca del establo. Finca Babilonia, Siquirres, Limón, Costa Rica. 2012.

Estado	n	A	b	R^2	P	Distribución	Tamaño de muestra
Larvas	150	1,55	2,59	0,7	0,0789	Agregado	43
Larvas trans	150	0,27	0,46	0,89	0,0045	Regular	6
Adultos	160	1,20	2,06	0,90	0,0003	Agregado	339
Adultos trans	160	1,12	2,9	0,93	0,0001	Agregado	1

$P < 0,05$.

Fluctuación poblacional de moscas encontradas en rastrojo de piña

En la (Figura 6) se presenta la fluctuación poblacional promedio de adultos de las especies de moscas que se encontraron en el rastrojo de piña en las diferentes fases de la derriba, se dieron diferencias significativas en las especies de moscas encontradas $p=0,0067$, y diferencias altamente significativas en las semanas de evaluación $p=0,0000$. Se encontró mosca del establo, *Euxesta* sp. y mosca doméstica. En las semanas de evaluación previas cuando el cultivo estaba en verde, no hubo presencia de ninguna de las moscas.

Después de la aplicación del herbicida las hojas de la planta de piña se secaron y se inició la descomposición (semana 2 en adelante), atrayendo las moscas. Es común encontrar a la mosca del establo y doméstica en poblaciones mixtas en materiales en descomposición (Birkemoe y

Sverdrup-Thygeson 2011), la mosca doméstica pueden ser atraída por olores como el complejo de melazas como el que produce el melón (Hung *et al.* 2015), porque tienen un sistema olfativo bien desarrollado y altamente sofisticado para discriminar las señales volátiles que se liberan donde los sustratos pueden servir para la oviposición y fuentes de alimento (Mustafa *et al.* 2016), este autor cita a (Hogsette 1996) para indicar que las malas condiciones higiénicas, con un ambiente caliente y húmedo son ideales para la cría de mosca doméstica.

En el muestreo de la semana tres las poblaciones de mosca doméstica y *Euxesta* no presentaron diferencias significativas entre ellas, pero fueron diferentes a las poblaciones de mosca del establo, donde el número de individuos es mayor, posiblemente se esté iniciando la entrada hacia la plantación para sus oviposiciones.

En las semanas (4, 5, 6 y 7, Figura 6), la población de mosca del establo y doméstica aumentó significativamente con respecto a las poblaciones de *Euxesta* sp., los valores promedio del conteo de adultos de la mosca del establo fue de (38, 35,33 y 30) respectivamente y de mosca doméstica (35, 39, 31 y 34), sin presentar diferencias significativas entre sí, mientras que ambas poblaciones fueron diferentes a las poblaciones de *Euxesta* sp. (13, 16, 15 y 18). Varios estudios han demostrado que la variación poblacional de la mosca dependerá de los factores ambientales y el tipo de cubierta vegetal, entre otros factores (Rasmussew y Campbell 1981, Mavoungou *et. al.* 2008, Mavoungou *et al.* 2013).

Debido a la gran cantidad de moscas (Figura 6 y 7), se procedió a quemar con fuego el área de estudio (semana 7), para bajar la población de moscas, ocurriendo una disminución altamente

significativa entre las poblaciones de mosca del establo ($p=0,0080$), antes de que se realizara el fuego el promedio de mosca del establo fue de 27,8 adultos y se redujo a 14,7 con ésta práctica (semana 8), la disminución de un 50 % es producto de que el fuego elimina material residual y mueren larvas y adultos de todas las especies. Sin embargo, el tronco de piña no se quema en su totalidad y continúa su descomposición, por lo que sigue siendo un rastrojo atractivo para las moscas. Posteriormente se dio la trituración de los tallos de piña e inmediatamente la incorporación al suelo, esta última práctica ayudo a bajar las poblaciones de mosca (semana 10), se dio una disminución altamente significativa entre las poblaciones de la mosca del establo ($p=0,0001$). Antes de incorporar el material vegetal el promedio de mosca fue de 8,3 adultos y una semana después fue de 1,71 adultos, lo que ayudó a bajar la población de mosca del establo en más de un 80 %.

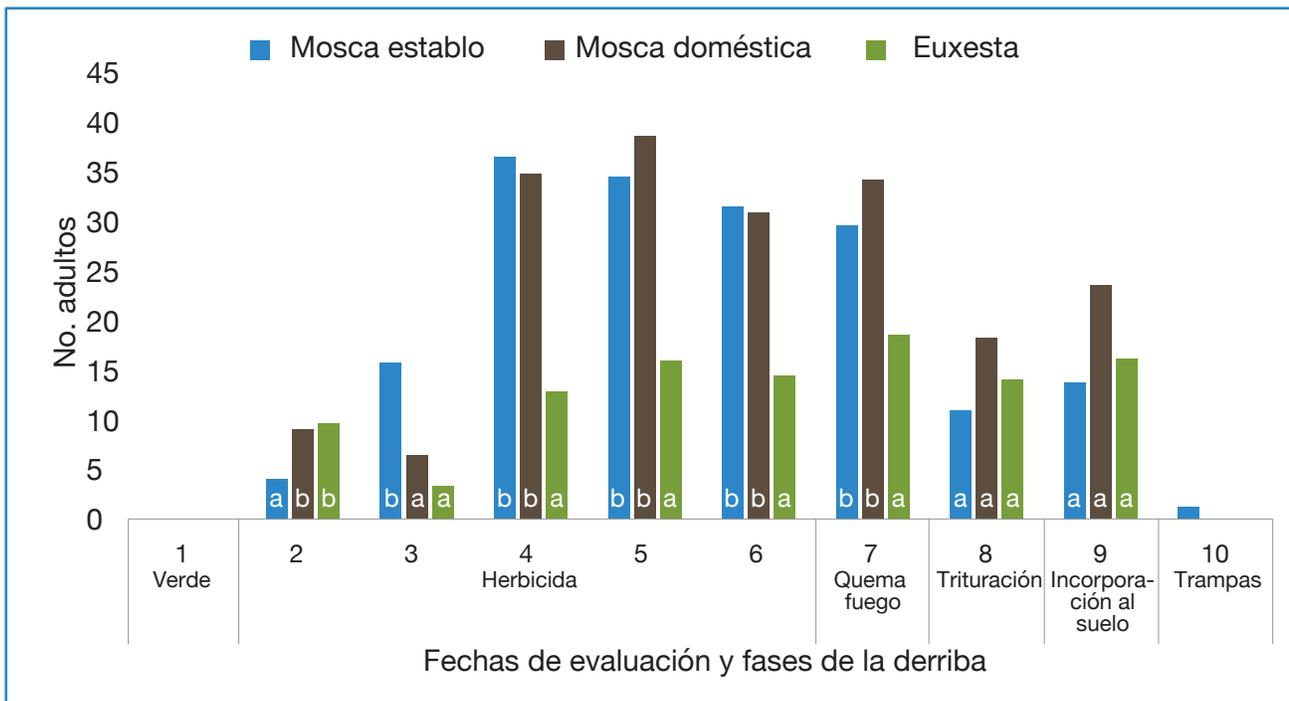


Figura 6. Fluctuación poblacional promedio de adultos de la mosca del establo, doméstica y *Euxesta* en diferentes fases de la derriba en seco con su respectiva prueba de Tukey. Finca Babilonia, Siquirres, Limón, Costa Rica. 2012.

Salida de moscas del suelo con el rastrojo incorporado

Con los tres tipos de trampa, se pudo comprobar la salida de moscas del rastrojo de piña, aunque no se dio diferencias significativas entre las trampas $p=0,1376$, ni entre las especies de moscas ($p=0,0067$). En el Cuadro 2, se muestra el número de moscas total capturada de cada una de las especies en las dos fechas de evaluación. Este experimento permitió demostrar que las moscas que posiblemente estén más superficiales, logran salir del rastrojo después de incorporado al suelo. En el material de piña triturado y enterrado es posible que sobrevivan algunos huevos, larvas y pupas, las cuales siguen con su ciclo de vida y logren salir algunos adultos entre la tierra, como se ve en las Figura 6 y 7. Una semana después de enterrado el rastrojo se capturaron adultos de mosca del establo, lo que indica que es necesario dar seguimiento a la salida de mosca del establo después de incorporado el rastrojo.

Cuadro 2. Salida de moscas después de enterrado el rastrojo de piña con las diferentes trampas de estudio. Finca Babilonia, Siquirres, Limón, Costa Rica. 2012.

Tipo de mosca	Tipo de trampa		
	Vertical	Horizontal	Botella
Mosca establo	19	32	6
Mosca doméstica	15	22	23
<i>Euxesta sp</i>	15	27	4

Se observa en la Figura 7 que los rangos de poblaciones de todas las especies son cuantiosos, con la mosca del establo se obtuvo un rango de 100 a 750 adultos, esta cantidad de mosca en el ganado se vería seriamente afectado, ya que la mosca del establo necesita tomar sangre al menos una vez al día (Zumbado 2006), y por eso son consideradas una de las plagas más perjudiciales del ganado en el mundo (Taylor *et al.* 2012). Pero además se suma una de las plagas más importantes como lo es la mosca doméstica (con una captura de 120-800), que perjudica muchas de las principales industrias, incluidos unidades de procesamiento, ganado y granjas avícolas (Malik *et al.* 2007).

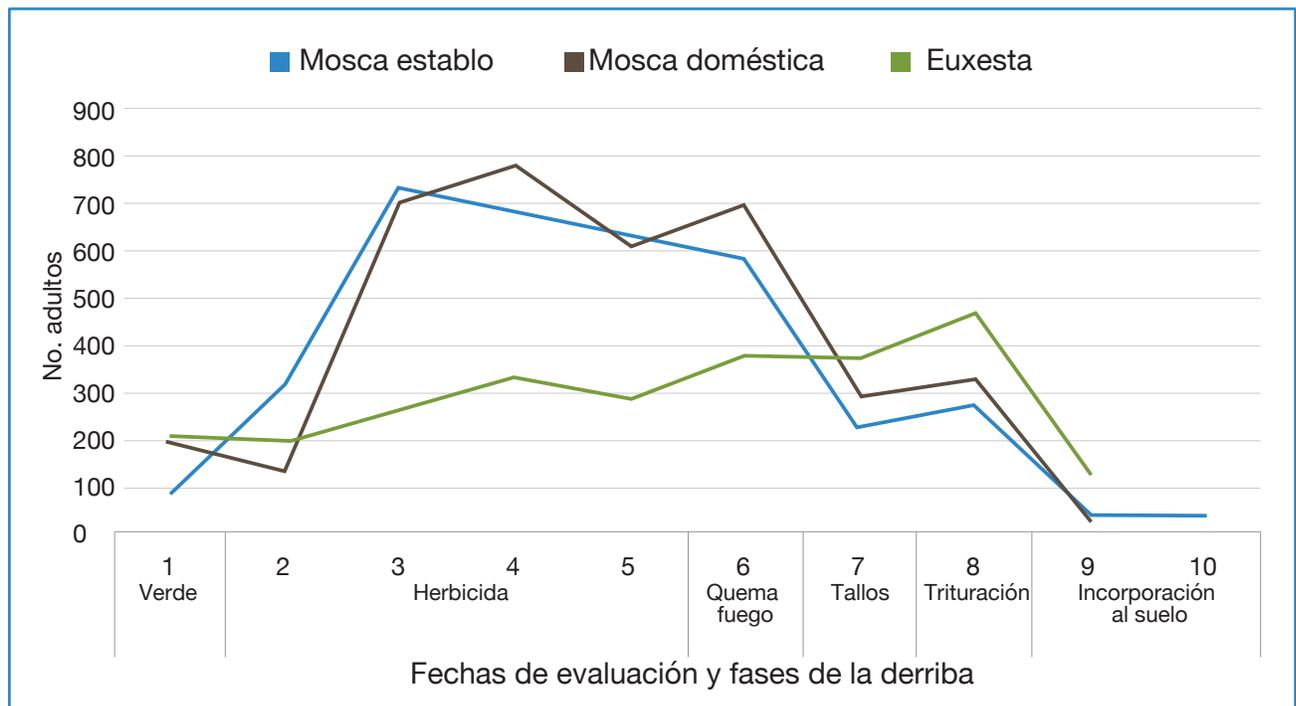


Figura 7. Fluctuación poblacional total de captura de adultos de la mosca del establo, doméstica y *Euxesta* en rastrojo de piña, en 20 trampas/ha. Finca Babilonia, Siquirres, Limón, Costa Rica. 2012.

AGRADECIMIENTO

A PINDECO - Compañía del Monte y su personal técnico.

A Fittacori, por el aporte económico.

A la Ing. Beatriz Sandoval Carbajal, MSc. por sus aportes en el área de estadística.

LITERATURA CITADA

- Arbab, A; Mirphakhar, F. 2016. Spatial distribution pattern and sequential sampling plans for *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Dip:Tephritidae) in olive orchards. *J. Entomol. & Acarolog.* 48(1):23-28.
- Barrera, JF; Valle, J; Herrera, J; García, H; Villalobos, J; Gómez, J. 2006. "Potencial de la Ley de Taylor para transformar datos de trampeo de broca del café, *Hypothenemus hampei*." *Entomol. Mexicana* 5(2):647-653.
- Birkemoe, T; Sverdrup-Thygeson, A. 2011. Stable fly (*Stomoxys calcitrans*) and house fly (*Musca domestica*) densities: a comparison of three monitoring methods on pig farms. *J. Pest Science.* 84(3):273-280. DOI: 10.1007/s10340-011-0352-7.
- Bolaños, M; Watson, V; Tosi, J. 1999. Mapa Ecológico de Costa Rica (Zona de Vida). Según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R.
- Holdridge. Centro Científico Tropical. Sistema de Información Geográfica (en línea). San José Costa Rica. Escala 1:400 000. Color. Consultado Oct. 2015. Disponible en <http://www.mediafire.com/view/?jr1lmsey0uu288z>
- Chong-Chin, H; Nazni-Wasi, A; Chew-Wai, K; Hiromu, K; John, J; Heah-Sock, K; Baharudin, O. 2011. A Study of Cow Dung Diptera in Sentul Timur, Kuala Lumpur, Malaysia. *J. Trop. Med. Parasitol.* 33:53-61.
- Davies, MP; Anderson, M; Hilton, AC. 2016. The housefly *Musca domestica* as a mechanical vector of *Clostridium difficile*. *Journal of Hospital Infection.* 94(3):263-267. DOI: 10.1016/j.jhin.2016.08.023.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Duque-Echeverri, M. 1996. Patrones de disposición espacial y su importancia en la definición de un plan de muestreo en MIP. Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 14 p.
- Faleiro, JR; Ashok Kumar, J; Rangnekar, PA. 2002. Spatial distribution of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera: Curculionidae) in coconut plantations. *Crop Prot.* 21(2):171-176.
- Gilles, J; David, JF; Duvallat, G; De la Rocque, S; Tillard, E. 2007. Efficiency of traps for *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* on Reunion Island. *Medical and Veterinary Entomology.* 21(1): 65-69. DOI: 10.1111/j.1365-2915.2006.00658.x
- Giraldo-Mendoza, A; Véliz-Rosas, C; Arellano-Cruz, G; Sánchez-Infantas, E. 2002. El uso de la ley de Taylor en el establecimiento de patrones de variación espacio-temporal en poblaciones animales: dos ejemplos de aplicación. *Ecol. Apl.* 1(1):71-74.
- Hamid, MS; Daud, A; Mohamed, SB; Mohamad, NM; Rashid, MA, 2016. A comparative study on different baits used to attract housefly in Malaysia. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology.* 6(5): 588-593.
- Herrero, MV; Montes Pico, L; Sanabria, C. 1989. Preliminary studies on the stable fly, *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae), in the South Pacific region of Costa Rica. *Rev. Cienc. Vet.* 11(2-3):11-14.
- Herrero, MV; Montes Pico, L; Hernández, R. 1991. Relative abundance of *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) in six localities on the southern Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 39(2):309-310.

- Hernández-Escareno, JJ; Renteria-Solis, ZM; Flores-Landaverde, LE; Hernández-Vidal, G; Espinoza-Mata, A. Zarate-Ramos, JJ. 2012. Presence of Enterobacteriaceae, Listeria spp., Vibrio spp and Staphylococcus spp in House fly (*Musca domestica* L.), Collected and Macerated from Different Sites in Contact with a few Animals Species. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias*. 22(2):128-134.
- Hogsette, JA. 1996. Development of house flies (Diptera: Muscidae) in sand containing varying amounts of manure solids and moisture. *J Econ Entomol*. 89(4):940-945
- Hung, K; Michailides, TJ; Millar, JG; Wayadande, A; Gerry, A. 2015 House Fly (*Musca domestica* L.) Attraction to Insect Honeydew. *PLOS ONE*. 10(5):1-14. DOI:10.1371/journal.pone.0124746.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales. San José, Costa Rica. 147 p.
- Kalsi, M; Seal, DR; Nuessly, GS; Capinera, JL; Martin, CG. 2014. Distribution of *Zelus longipes* (Hemiptera: Reduviidae) in South Florida Corn Fields and Its Functional Response to Corn-Infesting Picture- Winged Flies (Diptera: Ulidiidae). *Environ. Entomol*. 43(5):1223-1234.
- Keawrayup, S; Duvallet, G; Sukonthabhirom, S; Chareonviriyaphap, T. 2012. Diversity of *Stomoxys* spp. (Diptera: Muscidae) and diurnal variations of activity of *Stomoxys indicus* and *S. calcitrans* in a farm, in Wang Nan Khiao District, Nakhon Ratchasima Province, Thailand. *Parasite*. 19(3): 259-265.
- Kuno, E. 1991. Sampling and analysis of insect populations. *Annu. Rev. Entomol*. 36:285-304.
- Malik, A; Singh, N; Satya, S. 2007. House fly (*Musca domestica*): a review of control strategies for a challenging pest. *J. Environ Sci. Health, Part B*. 42(4):453-469
- Mavoungou, JF; Jay-Robert, P; Gilles, J; Atsame-Edda, A; Duvallet, G. 2008. Écologie des Stomoxes (Diptera: Muscidae) au Gabon. I- Premier Inventaire dans différentes zones. *Ecologiques. Parasite*. 15(4):27-34.
- Mavoungou, JF; Picard, N; Kohagne, LT; Batch, MT; Chi, AT; Gilles, J; Duval, G. 2013. Spatio-temporal variation of biting flies, *Stomoxys* spp. (Diptera: Muscidae), along a man-made disturbance gradient, from primary forest to the city of Makokou (North-East, Gabon). *Med.Vet. Entomol*. 27(3):339-345. doi: 10.1111/j.1365-2915.2012.01064.x
- Moradi-Vajargah, M; Golizadeh, A; Rafiee-Dastjerdi, H; Zalucki, P; Hassanpour, M; Naseri, B. 2011. Population density and spatial distribution pattern of *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) in Ardabil, Iran. *Not. Bot. Horti Agrobot*. 39(2):42-48
- Mramba, F; Broce, AB; Zurek, L. 2007. Vector competence of stable flies, *Stomoxys calcitrans* L. (Diptera: Muscidae), for *Enterobacter sakazakii*. *J. Vector Ecol*. 32(1):134-139.
- Mustafa S, R; Azhar, F; Shad, SA; Walker, W; Azeem, M; Binyameen, M. 2016. Effects of different animal manures on attraction and reproductive behaviors of common house fly, *Musca domestica* L. *Parasitol Res*. 115(9):3585-3598 DOI 10.1007/s00436-016-5124-0
- Navarro-Flores, JR. 1992. El muestreo en la investigación con enfermedades y plagas de los cultivos. El diseño experimental de las plagas. Editado por CIPROC, Universidad de Costa Rica. 421 p.
- Orenstein, S; Zahavi, T; Nestel, D; Sharon, R; Barkalifa, M; Weintraub, PG. 2003. Spatial dispersion patterns of potential leafhopper and planthopper (Homoptera) vectors of phytoplasma in wine vineyards. *Ann. Appl. Biol* 142(3):341-348.
- Rasmussew, R; Campbell, JB. 1981. Investigation of Environmental Factors and their relationship to populations of the stable fly, *Stomoxys calcitrans* (L.). *Environ. Entomol*. 10(5):798-800.
- Rodríguez-Batista, Z; Leite, RC; Oliveira, PR; Lopes, CML; Borges, MLF. 2005. Populational dynamics of *Stomoxys calcitrans* (Linnaeus) (Diptera: Muscidae) in three biocenosis, Minas Gerais, Brazil. *Veterinary Parasitology*. 130(3):343-346.
- Salama, HS; Abde-Elgawad, MM. 2010. Spatial patterns of the red palm weevil and applied entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora*. *Arch. Phytopathol. Plant Prot*. 43(7):689-699.

- SENASA (Servicio Nacional de Salud Animal). 2012. Informe Estadístico denuncias por Mosca del Establo. Informe anual Dirección Regional de Salud Animal Región Huetar Norte. Costa Rica. MAG. 8 p.
- Sociás, MG; Liljesthröm, GG; Casmuz, AS; Murúa, MG; Gastaminza, G. 2014. Density and spatial distribution of different development stages of *Sternechus subsignatus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) in soybean crops. *Crop Prot.* 65: 15-20.
- Stubbins, FL; Seiter, NJ; Greene, JK. 2014. Developing sampling plans for invasive *Megacopta Cribraria* (Hemiptera: Plataspidae) in soybeans. *J. Econ. Entomol.* 107(6):2213-2221.
- Taylor, D; Moon, R; Darrel, M. 2012. Economic Impact of Stable Flies (Diptera: Muscidae) on Dairy and Beef Cattle Production. *J. Med. Entomol.* 49(1):198-209. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/ME10050>.
- Taylor, LR. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annu. Rev. Entomol.* 29:321-359.
- Taylor, DB; Berkebile, DR; Scholl, PJ. 2007. Stable fly population dynamics in Eastern Nebraska in relation to climatic variables. *J. Med. Entomol.* 44(5):765-771.
- Taylor, DB; Moon, RD; Campbell, JB; Berkebile, DR; Scholl, PJ; Broce, JB; Hogsette, JA. 2010. Dispersal of Stable Flies (Diptera: Muscidae) From Larval Development Sites in a Nebraska Landscape. *Environ. Entomol.* 39(4):1101-1110.
- Veccol, D; Pinedol, R; Fernández, M. 2015. Métodos de muestreo para *Pseudophilothrips* sp. (Tubulífera: Phlaeothripidae) y sus enemigos naturales: I. Muestreo secuencial enumerativo. *Rev. Protec. Veg.* 30(1):6-13.
- Zhang, Y; Wang, H; Ran, K; Wang, S. 2015. Spatial pattern and sampling technique of distribution of eggs *Psylla chinensis* first generation. *J. Sci. Fruit.* 31(1):986-990.
- Zheng- Yong, L; EnGuo, W; Jianjun, C; GuoJun, L; XiaoMing, Y. 2015. The spatial distribution pattern and sampling technique of *Bemisia tabaci* in leaf mustard fields. *Agric. Zhejiangensis Act.* 27(2):589-592.
- Zumbado, MA. 2006. Dípteros de Costa Rica y la América Tropical. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Heredia, Costa Rica. 267 p.
- Zumpt, F. 1973. The Stomoxylene Biting Flies of the World (Diptera: Muscidae). Taxonomy, biology, economic importance and control measures. Stuttgart Fischer, USA. 20(4-5):433.

CAPTURA Y RECAPTURA DE MOSCA DEL ESTABLO EN GANADO Y RASTROJOS DE PIÑA¹

Yannery Gómez-Bonilla², Arturo Solórzano Arroyo², Oscar Bravo Bonilla²

RESUMEN

Captura y recaptura de mosca del establo en ganado y rastrojos de piña. El objetivo de este estudio fue conocer el movimiento de la mosca del establo del ganado hacia el rastrojo de piña y viceversa. Se realizó captura, marcado, liberación y recaptura de *S. calcitrans* en rastrojos de piña y ganaderías en la localidad de Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. El marcado de los insectos se realizó mediante el uso de polvos indelebles color fluorescente. Se realizó un experimento en mayo del año 2013 donde se capturaron y liberaron en rastrojo de piña 763 moscas del establo. En este estudio se recapturan moscas a los (3, 7 y 14) días a (100, 700 y 500) metros de distancia del rastrojo de piña. El segundo experimento se realizó en setiembre del mismo año, donde se liberaron en rastrojo de piña 577 moscas con polvo fluorescente naranja, y en el ganado 176 moscas de color azul. Se recapturaron cuatro moscas marcadas de azul a los tres días a los (200, 400 y 900) metros y dos color naranja a los 5 y 21 días a (300 y 1000) metros entre el rastrojo de piña y ganado. Los dos experimentos cumplen con la distribución de Poisson. Utilizando el método de Peterson-Lincon, se estimó el desplazamiento por metro, donde los Límites de Confianza al 95 %, indican que el estudio de mayo en rastrojo de piña, se puede encontrar de 3 a 43 moscas y en el de setiembre en rastrojo de piña 2 a 197 moscas y en ganado de 3 a 24 moscas. La captura y recaptura demostró el movimiento de la mosca del establo desde el rastrojo de piña (donde se reproduce) hasta el ganado (donde se alimenta), y se trasladó entre 100 m a 2,3 km.

Palabras clave: *Stomoxys calcitrans*, plaga de ganado, método de captura y recaptura, mosca marcada.

1 Este trabajo formó parte de un proyecto de investigación financiado por el INTA y la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica (FITTACORI).

2 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. INTA. Costa Rica. ygomez@inta.go.cr, asolorzano@inta.go.cr, obravo@inta.go.cr. Sede del laboratorio de Servicios de Fitoprotección del INTA. Sabana Sur, San José.

INTRODUCCIÓN

La mosca del establo (*Stomoxys calcitrans*) es una plaga reconocida mundialmente por su impacto en la ganadería (Foil y Hogsette 1994; Kunz *et al.* 1991, Taylor y Berkebile 2006), en países como Estados Unidos, genera pérdidas anuales por el orden de más de dos mil millones de dólares (Taylor *et al.* 2012). En la ganadería costarricense también se considera una plaga importante, los primeros reportes del insecto se realizaron durante el año 1987 (Herrero 1991), y posteriormente los brotes se han incrementado en la última década (Solórzano *et al.* 2013).

Esta mosca es un parásito externo, hematófago, ampliamente distribuido y que afecta el ganado de carne y leche. En altas poblaciones causa efectos adversos, tanto por la pérdida de sangre, como por las molestias e irritación que provocan (Cruz-Vázquez *et al.* 2000). Las picaduras de la mosca del establo son dolorosas, afectando directamente los animales, provocando que se agrupen, y por ende aumenta el estrés por calor (Foil y Hogsette 1994) disminuye la ganancia de peso y la producción de leche (Taylor *et al.* 2012), afectando también, la vitalidad del animal y horas de pastoreo (Harwood y James 1979, Campbell *et al.* 2001).

En estudios de dispersión de mosca del establo utilizando adultos marcados, se ha logrado evidenciar la dirección y recorrido (Gersabeck y Merrit 1985, Scholl 1986, Taylor *et al.* 2010). Se ha observado que tanto machos como hembras se dispersaron en la misma distancia y dirección, un 50 % se encontró hasta 1,6 km del punto de liberación, pero únicamente un 5 % a más de 5,1 km de distancia (Taylor *et al.* 2010). En un estudio similar, se demostró que un 50 % de la población liberada en la Isla de Mackinag-Michichan-USA se recapturó a 0,45 km de distancia y el 90 % a 1,65 km, desde el punto de liberación, sin lograr recapturar ningún ejemplar en tierra firme a 11,4 km de distancia (Gersabeck y Merritt 1985). En otra investigación el 80 % de las moscas liberadas

fueron recuperadas entre dos lotes separados a 0,8 km de distancia (Scholl 1986). A pesar de que hay reportes de largas distancias recorridas de hasta 225 km en las costas del noroeste de Florida (Hogssette *et al.* 1985), se considera que la mosca del establo no se mueve mucho en la búsqueda de sangre o sitio de oviposición, ya que los vuelos registrados de larga distancia de esta plaga han sido atribuidos por fenómenos ambientales como asistido por el viento por ejemplo (Showler y Obsbrink 2015).

La mosca del establo es reconocida por su capacidad de desarrollarse en materiales vegetativos en descomposición sobre todo aquellos contaminados con estiércol y orina (Talley *et al.* 2009). La mezcla del estiércol maduro de las lecherías con pasto, son reservorios muy adecuados para el desarrollo de la misma (Meyer y Petersen 1983, Gilles *et al.* 2005, Taylor y Berkebile 2011). Desde hace más de una década, se ha determinado que los principales focos de esta plaga que afectan la ganadería en los Estados Unidos, provienen de las áreas de pastoreo y sitios de alimentación con cultivos forrajeros durante la época de invierno (Broce 1988, Taylor *et al.* 2010). No obstante, en Costa Rica se ha comprobado que, al triturar las plantas de piña, se produce algún tipo de atrayente para la mosca del establo, y en pocas horas, la misma llega a reproducirse y ovipositar en el rastrojo (Solórzano *et al.* 2013, Solórzano *et al.* 2015, Vargas y Solórzano 2016).

El impacto que ha tenido esta sobrepoblación de mosca del establo sobre el ganado ha sido muy contraproducente, dicha situación es particular, ya que mundialmente la plaga se desarrolla en explotaciones pecuarias, no como el caso que se describe, en el cual la plaga se reproduce principalmente en un cultivo agrícola e impacta las ganaderías cercanas al área de cultivo. El objetivo del presente estudio fue identificar la capacidad de dispersión de la mosca del establo del ganado hacia el rastrojo de piña y viceversa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la empresa Agrícola Industrial La Lydia, ubicada en la localidad de Pital, distrito de San Carlos, Costa Rica. Se realizaron dos pruebas: una en mayo y otra en setiembre del 2013. Para estos experimentos se empleó una parcela de 13x100 m (1300 m²) de una plantación de piña con dos años de edad (alrededor de 8500 plantas). Se trituraron plantas de piña (rastroj fresco), utilizando una máquina trituradora (Seppi Midiforst M DT 150m HP a 5 000 rpm), bajo el sistema de derriba en verde (plantas de piña después de cosechar los frutos y deshija, sin aplicación de herbicidas secantes). En el caso de la ganadería, se localizó el ganado en pastoreo, que estuviera más cercano al lugar de liberación. En ambos estudios los sitios de estudio fueron georeferenciados con un equipo GPS Garmin 60S.

Captura y liberación de moscas del establo

Para la captura de adultos de mosca del establo, se emplearon trampas de tela de color azul y negro modelo NZI (Figura 1) derivadas de trampas para la captura de mosca del sueño Tse – Tsé (*Glossina* spp.), evaluadas en rastrojos de piña

para la captura de mosca del establo (Solórzano *et al.* 2015). Las trampas tenían forma triangular con un panel de color azul de 1,6 m² y una pantalla negra de 0,9 m² (Mihok 2002, Gilles *et al.* 2007). Se colocaron cinco trampas sobre el lote de piña recién triturado. Se utilizaron polvos fluorescentes indelebles resistentes al agua, de los colores azul, naranja y fucsia o rojo púrpura en frascos de vidrio transparentes con tapa, de un litro de capacidad, se colocaron aproximadamente 20 g de polvo fluorescente indeleble (DyeGlow®) para marcar las moscas. El frasco con el polvo se introdujo dentro de la trampa NZI hasta donde las moscas se encontraban atrapadas vivas ubicadas dentro de la trampa, las mismas se recogían con el frasco y se tapaba para evitar el escape. Las moscas dentro del frasco se impregnaban del colorante (Figura 2), posteriormente se liberaron. El polvo en el frasco se iba rellenando conforme se acababa.

La captura de la mosca del establo se hizo cada media hora, desde las 8,00 a.m. hasta las 5,00 p.m. El primer experimento (mayo), las moscas se capturaron en el cultivo triturado de piña y se marcaron con colorante fucsia. En el segundo experimento (setiembre), las moscas capturadas en el cultivo triturado con piña se marcaron con el colorante naranja y las capturadas cerca del ganado en pastoreo, se marcaron con el colorante azul (Figura 3).



Figura 1. Trampa modelo NZI para captura y marcación de moscas del establo sobre plantas de piña trituradas. Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2013.

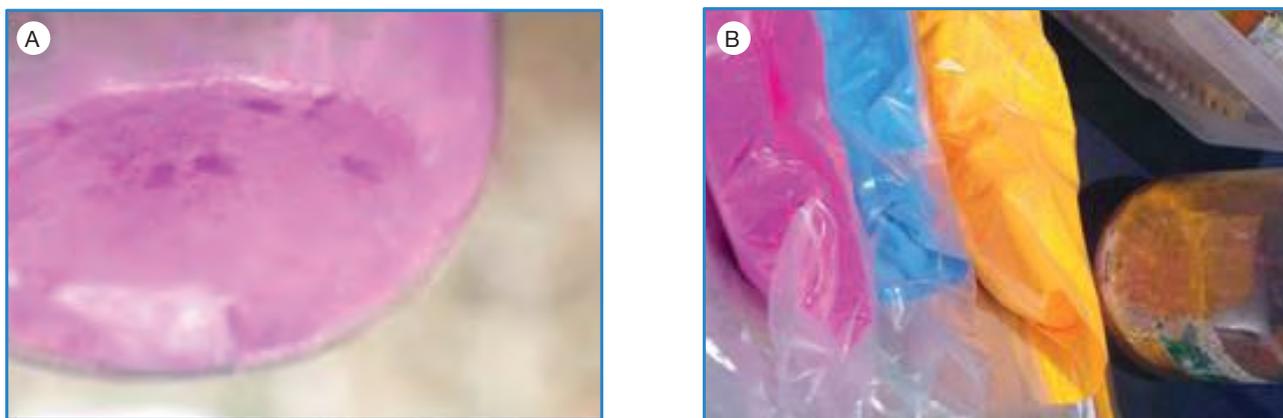


Figura 2. A. Frasco de vidrio con colorante fluorescente y mosca del establo marcada. B. Polvos fluorescentes utilizados en el experimento para marcado de moscas del establo. Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2013.



Figura 3. Trampas NZI en ganado pastoreando para la captura de mosca del establo viva. Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2013.

Recaptura de moscas del establo

Para la recaptura, desde el primer día se colocaron 60 trampas con bolsas blancas (Figura 4) pintadas con pegamento Zalpicol (diluido 1:1 con gasolina) las mismas se ubicaron sobre dos palos de madera a 20 cm del suelo. La distancia empleada entre trampas varió según la topografía del terreno, pero osciló entre 100 m para las primeras tres trampas desde el sitio de liberación y 300 m para las siguientes. La dirección tomada fue en los cuatro puntos cardinales, hasta 5 km de distancia y próximas a las ganaderías circundantes. Los puntos de colocación de las trampas fueron georreferenciados, dándose el respectivo seguimiento una vez ubicadas. Después de liberadas las moscas, todos los días durante 5 días, se dio seguimiento a las trampas blancas para la recaptura, se realizó un conteo de las moscas atrapadas en las bolsas, se anotó la cantidad total de moscas del establo y de moscas marcadas con polvo fluorescente. Las bolsas blancas con pegamento fueron cambiadas todos los días. Terminado este periodo de cinco días, se dejaron las bolsas blancas con pegamento por una semana. Cada ocho días las bolsas blancas fueron cambiadas por nuevas bolsas, esto se realizó durante tres semanas.

Para la recolecta de las bolsas blancas se colocó un plástico transparente sobre ellas, para ser llevadas al laboratorio. En el laboratorio en una habitación oscura se revisaron con lámpara de luz ultravioleta.



Figura 4. Trampa con bolsa blanca pintada con pegamento, sostenida por dos palos a 20 cm del suelo. Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2013.

Análisis de datos

Para determinar el desplazamiento de la población por metro, en el análisis de datos se utilizó el Método de Lincoln-Peterson (Badii *et al.* 2012), que es el que mejor se ajustaba a las características de este experimento, con este método se asume que es una población cerrada y que todos los miembros de la población tienen la misma probabilidad de ser marcados y recapturados y que los insectos marcados se distribuyen al azar en la población. Se calculó el Intervalo de Confianza (IC) para los límites inferior y superior al 95 % el cual se obtiene con la siguiente fórmula: $\hat{N} = [(M+1)(C+1)/(R+1)] - 1$. Con base en esta información se construyó el Cuadro 1, donde se estimó el desplazamiento a un 95 % de confiabilidad de las moscas por metro para cada una de las poblaciones.

$$\hat{N} = CM/R.$$

M= número de individuos marcados en la primera muestra.

C= número de individuos capturados en el segundo muestreo.

R= número de individuos con marcaje en el segundo muestreo.

\hat{N} = estimación del tamaño de la población al tiempo de poner la marca.

RESULTADOS Y DISCUSION

La captura y recaptura demostró el movimiento de la mosca del establo desde el rastrojo de piña (donde se reproduce) hasta el ganado (donde se alimenta de sangre) y viceversa. Se trasladó entre 100 m a 2,3 km, en un radio menor a 5 km. En el experimento realizado en mayo 2013 se capturaron y liberaron 763 moscas provenientes de los rastrojos de piña, donde la mosca llega a ovipositar. En la Figura 5, se muestra en color rojo el punto central donde fueron liberadas las moscas, el color magenta en el mapa representa las tres moscas recapturadas. En dirección al ganado en pastoreo (noreste) a 100 metros del punto de liberación, se encontró una mosca marcada el primer día (Figura 6). En dirección sur-oeste, se recaptura una mosca a 700 m ocho días después, y por último otra mosca a 500 m a los catorce días, dirección a la lechería, que se encontraba a 2290 m del punto de liberación,

donde la mosca llega a alimentarse. Esta población tiene una distribución de Poisson y según el Método de Lincoln-Peterson, se determinó con un Intervalo de Confianza (IC) al 95 % (Cuadro 1), que se pueden encontrar de (3 a 43 moscas) por metro (Cuadro 1) en el sitio de estudio, según (Balestrieri *et al.* 2016; Badii *et al.* 2012; Brownie *et al.* 1993), el método da una estimación bastante precisa del tamaño de población. Durante las tres semanas de evaluación, se presentaron días lluviosos (1, 4, 7, 9, 11 y 12) con precipitaciones de entre 5 y 75 mm y temperaturas que variaron entre 24 a 33 °C (Figura 7), este tipo de condiciones con días alternos entre lluvia y sol, son muy favorables porque permite que se descomponga la planta de piña y atrae a la mosca para que llegue a reproducirse (Solórzano *et al.* 2015) y permite la dispersión de la mosca.



Figura 5. Cultivo de piña, mapa de liberación y recaptura de mosca del establo, marcadas con polvo fluorescente Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Mayo, 2013.



Figura 6. Mosca del establo marcada con polvo fluorescente color fucsia, alumbrada con lámpara de luz ultravioleta de alta intensidad. Pital de San Carlos. 2013.

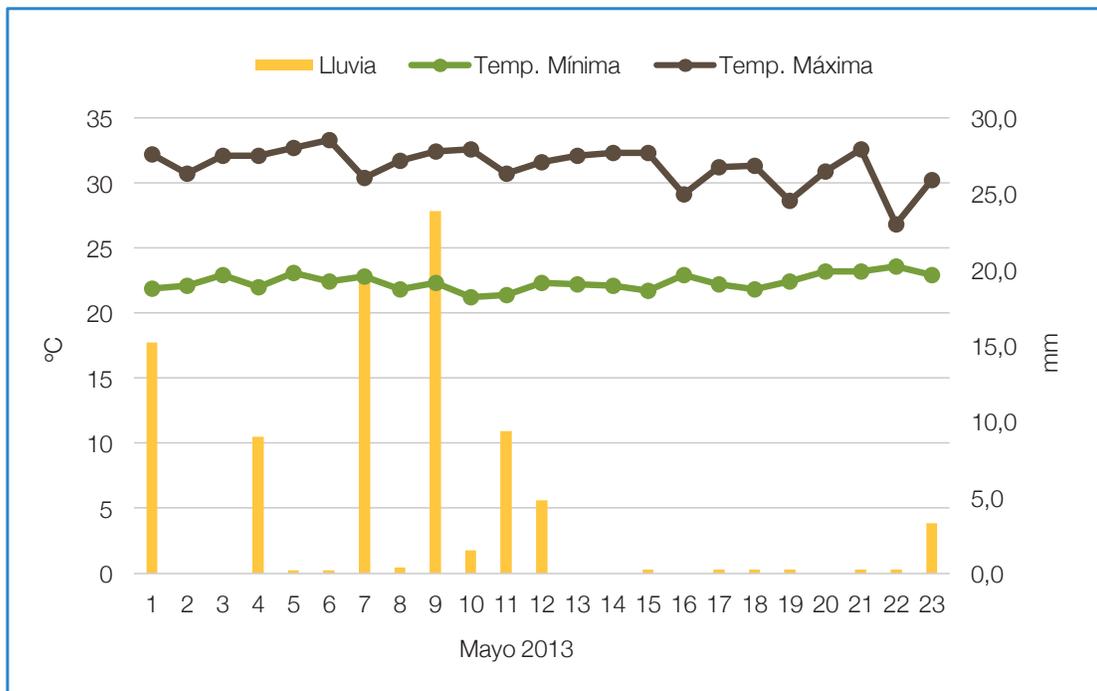


Figura 7. Datos de clima diarios en Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Mayo del 2013.

En el segundo estudio (Figura 8), 577 moscas fueron liberadas del rastrojo de piña marcadas de color naranja, y 176 moscas en total marcadas de color azul, de este total se capturó y liberó en la ganadería en pastoreo 120 moscas y de la lechería 56 moscas. De las moscas marcadas color naranja se recapturaron dos una aproximadamente a los cinco días a 500 m, cerca del rastrojo de piña (dirección suroeste) y la otra aproximadamente a 1000 m de la ganadería en pastoreo (dirección noreste) a los 21 días después de liberada, distancia entre puntos 2155 m. Se recapturaron todas las moscas marcadas en azul, a los tres días de liberadas. Del rastrojo de piña (dirección suroeste) tres moscas color azul a 200, 400 y 900 m, posiblemente proveniente de la lechería, distancia de 1587 m entre ambos puntos y la otra mosca color azul (noreste) a 200 m posiblemente proveniente del ganado de pastoreo. Estas poblaciones también tienen distribución de

Poisson y según el Método de Lincoln-Peterson, se determinó con un Intervalo de Confianza (IC) al 95 % (Cuadro 1), que, en el caso del rastrojo de piña, se puede encontrar de (2 a 197 moscas) por metro y en el caso de la población del ganado (3 a 24 moscas) por metro.

Durante las cuatro semanas del estudio se presentó nueve días sin lluvia y algunos días con altas precipitaciones diarias superior a los 20 mm (Figura 9) condiciones apropiadas para la oviposición y vuelo de la mosca del establo en rastrojos de piña (Solórzano *et al.* 2013) así como para permitir el vuelo para la ingesta de sangre. Las temperaturas oscilaron entre 19 y 34 °C las cuales fueron apropiadas para permitir el desarrollo de adultos de mosca del establo, completar su ciclo de vida y seguir ovipositando (Salem *et al.* 2012, Vargas y Solórzano 2016, Gilles 2007).

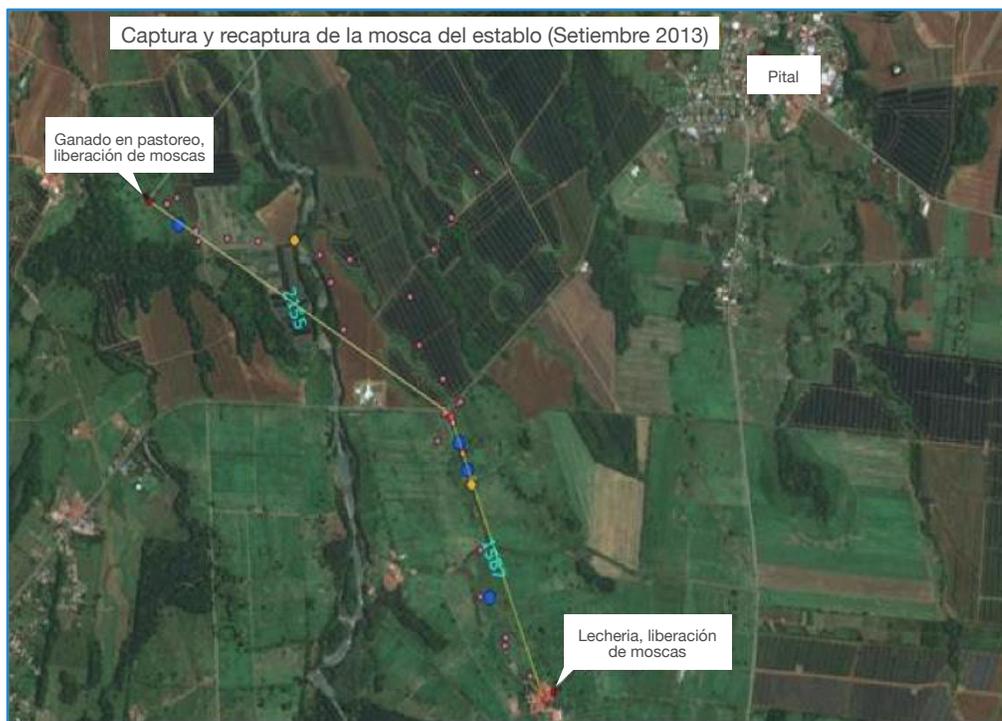


Figura 8. Cultivo de piña, mapa de liberación y recaptura de mosca del establo marcadas con polvo fluorescente. Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Setiembre, 2013.

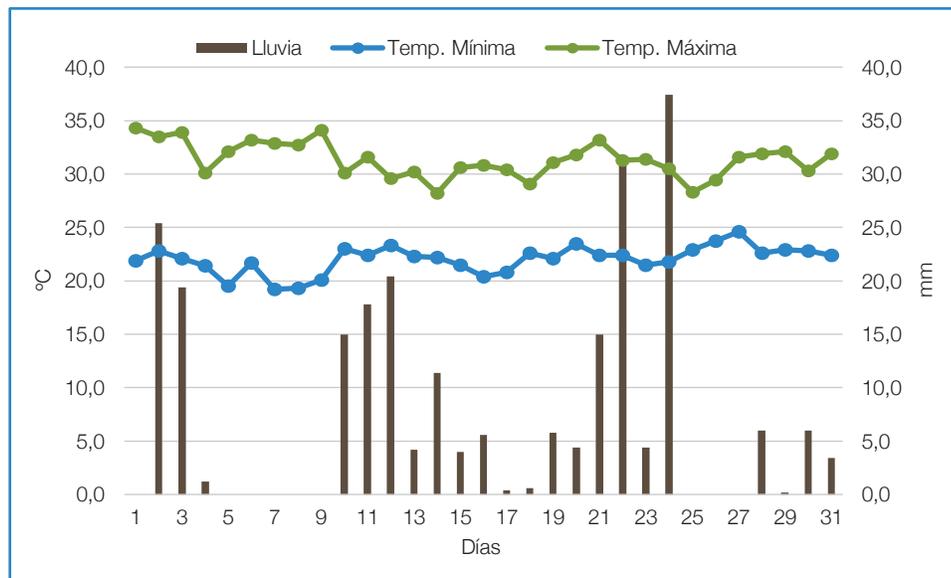


Figura 9. Datos de clima entre setiembre-octubre del 2013. Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Datos proporcionados por PINDECO.

Cuadro 1: Estimación de la densidad de mosca del establo por metro en los tres sitios de estudio y sus Intervalos de Confianza (IC). Pital de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2013.

	Tamaño de población/metro	Intervalos de confianza (IC)/ m	
		95 % L.I. (Límite inferior)	95 % L.S. (Límite superior)
Población de rastrojo piña-mayo	23	3	43
Población de rastrojo piña-setiembre	99	2	197
Población ganado-setiembre	14	3	24

En los estudios realizados del ciclo de vida de la mosca del establo, se ha reportado que la mosca adulta en el laboratorio ha alcanzado hasta veintiocho días viva (Vargas y Solórzano 2016), veinticuatro días (Salem *et al.* 2012) o hasta cuarenta días a 25 °C, con agua y miel (Gilles *et al.* 2005). Sin embargo, Taylor *et al.* (2014) señalan que, en condiciones de campo en verano, Nebraska, Estados Unidos, la sobrevivencia no es mayor a un par de semanas, debido a las condiciones extremas de temperatura y humedad relativa. La mosca del establo en condiciones de clima templado, el tiempo medio de supervivencia de los adultos fue de 6,3 días, que van desde 4,3 hasta 11,1 días (Skovgard y Nachman 2012).

En este estudio bajo condiciones de trópico, la duración de vida del adulto hasta la recapturada fue, en el primer estudio (mayo) de catorce días y en el segundo (setiembre) de veintiún días (las moscas fueron capturadas vivas y no se conoce el tiempo que tenían de haber salido de pupa), muy aproximado con el ciclo producido en laboratorio (Vargas y Solórzano 2016) considerando que las hembras empiezan a ovipositar entre los ocho y nueve días y los adultos capturados en rastros de piña recién triturados son en su mayoría hembras grávidas (Solórzano *et al.* 2015).

Los polvos fluorescentes y el método de captura y recaptura son alternativas que contribuyen a generar el conocimiento sobre el comportamiento del díptero, lo que permite darle seguimiento a este tipo de especies (Grigoreva 1992, Charlwood y Sama 1997, Taylor *et al.* 2010). En el trabajo realizado por (Charlwood y Sama 1997) recapturaron siete de 312 moscas marcadas, al día siguiente de la liberación. En el estudio de (Gersabeck y Merritt 1985) mencionan que el 90 % de las moscas se recuperaron a menos de 0,8 km de los sitios de liberación, e indican que otros factores además de la dirección del viento influyeron en su dispersión. Los mismos autores citan a (Bailey *et al.* 1973) quién especuló que una vez que las moscas del establo encontraron una fuente de sangre, tienden a alimentarse y descansar en el área varios días. En un estudio sobre la dinámica de la mosca del establo (Taylor *et al.* 2010), encontraron que el 50 % de la población se dispersó a 1,6 km de distancia y solo el 5 % a 5,1 km. En este estudio como se

mencionó anteriormente la distancia recorrida fue de 100 a 2,3 km.

La mosca del establo es una plaga que se reproduce en el material en descomposición del rastrojo del cultivo piña y no perjudica al cultivo, por lo tanto, el productor piñero considera que no debe invertir en su control. Lo contrario pasa con los ganaderos y sus semovientes, el problema se da principalmente en el ganado de carne y leche,

pero afecta también a caballos, perros y otros. La decisión de implementar medidas de prevención depende de la dificultad de emprender una acción alterna, o de la ineficacia de las medidas temporáneas de combate (Coto y Saunders 2004), y más aún, el incurrir en un gasto para el combate de una plaga que no afecta al cultivo de piña, permite pensar al productor que no hay razón para buscar medidas de control.

AGRADECIMIENTOS

A la finca la Lydia por haber facilitado lotes de piña para realizar las investigaciones. A PINDECO, por facilitar los datos climatológicos. A FITTACORI por la ayuda económica. A las ganaderías cercanas que nos permitieron tomar los datos. Al Dr. David Taylor USDA-ARS por la donación de los polvos para marcar insectos

LITERATURA CITADA

Badii, MH; Guillen, A; Landeros, J; Cerna, E; Ochoa, Y; Valenzuela, J. 2012. Muestreo por Métodos de Captura-Recaptura. International Journal of Good Conscience. 7(1):97-131.

Balestrieri, A; Zenato, M; Fontana, E; Veza, P; Remonti, L; Caronni, FE; Saino, N; Prigioni, C. 2016. An indirect method for assessing the abundance of introduced pest *Myocastor coypus* (Rodentia) in agricultural landscapes (en línea). Journal of Zoology. 298(1):37-45. Consultado 16 nov. 2017. Disponible en doi:10.1111/jzo.12284.

Broce, AB. 1988. An improved Alsynite trap for stable flies, *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). J. Med. Entomol. 25(5):406-409.

Brownie, C; Hines, JE; Nicholls, K; Pollock, KH; Hestbeck, JB. 1993. Statistical inference for capture-recapture experiments. BIOMETRICS. 49(4):1173-1187

Campbell, J; Skoda, S; Berkebile, D; Boxler, R; Thomas, D; Adams, D; Davis, R. 2001. Effects of stable flies (Diptera: Muscidae) on weight gain of grazing yearling cattle. J. Econ. Entomol. 94(3):780-783.

Charlwood, JD; Sama, C. 1997. The age structure, biting cycle and dispersal of *Stomoxys niger* Macquart (Diptera: Muscidae) from Ifakara, Tanzania. Afr. Entomol. 4(2):274-277.

Cisneros, VF. 1995. Control de plagas agrícolas. Lima, Perú, Centro Internacional de la Papa. 475 p.

Coto, D; Saunders, JL. 2004. Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 399 p.

Cruz-Vázquez, C; Martínez-Rangel, S; Vitela-Mendoza, I; Ramos-Parra, M; Quintero-Martínez, MT; García-Vázquez, Z. 2000. Variación anual de la infestación por *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) en tres establos lecheros de Aguascalientes. Tec. Pecu. Méx. 38(2):135-142.

Foil, LD; Hogsette, JA. 1994. Biology and control of tabanids, stable flies and horn flies. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 13(4):1125-1158.

Gersabeck, EF; Merritt, RW. 1985. Dispersal of adult *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) from known immature developmental areas. J. Econ. Entomol. 78(3):617-621.

Gilles, J; David, J; Duvallet, G. 2005. Effects of temperature on the rate of increase of *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* (Diptera: Muscidae) from La Reunion Island. J. Med. Entomol. 42(6):959-965.

- Gilles, J; David, J; Duvallet, G; De la Rocqueand, S; Tillard, E. 2007. Efficiency of traps for *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* on Reunion Island. *Med Vet. Entomol.* 21(1):65-69.
- Grigoreva, LA. 1992. Absolute numbers of *Stomoxys calcitrans* in dairy farm buildings. *Parazitologiya.* 26:430-435.
- Harwood, RF; James, MT. 1979. *Entomology and human animal health.* N.Y., USA, McMillan Publishing. 548 p.
- Herrero, MV; Montes-Pico, L; Hernández, R. 1991. Relative abundance of *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) in six localities on the southern Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 39(2):309-310.
- Hogsette, J; Ruff, J. 1985. Stable fly (Diptera: Muscidae) migration in northwest Florida. *Environ. Entomol.* 14(2):170-175.
- Kunz, SE; Murrell, KD; Lambert, G; James, LF; Terrill, CE. 1991. Estimated losses of livestock to pests. In: Pimentel, D. (Ed), *CRC Handbook of Pest Management in Agriculture*, vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p. 69-98.
- Meyer, JA; Peterson, JJ. 1983. Characterization and seasonal distribution of breeding sites of stable flies (Diptera: Muscidae) on eastern Nebraska feedlots and dairies. *J. Econ. Entomol.* 76(1):103-108.
- Mihok, S. 2002. The development of a multipurpose trap (the NZI) for tse-tse and other biting flies. *Bull. Entomol. Res.* 92(5): 385-403.
- Salem, A; Franc, M; Jaquiet, M; Bouhsiraand, E; Lienard, E. 2012. Parasite. Feeding and breeding aspects of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) under laboratory conditions. *Parasite.* 19(4):309-317.
- Scholl, P. 1986. Field populations of *Stomoxys calcitrans* (L) in Eastern Nebraska. *Southwest Entomol.* 9:155-160.
- Showler, A; Osbrink, W. 2015. Stable Fly, *Stomoxys calcitrans* (L.), Dispersal and Governing Factors. *International Journal of Insect Science.* 2015(7):19-25.
- Skovgard, H; Nachman, G. 2012. Population dynamics of stable flies *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) at an organic dairy farm in Denmark based on mark-recapture with destructive sub-sampling. *Environ. Entomol.* 41(1):20-29.
- Solórzano, J; Treviño, J; Hidalgo, E; Gómez-Bonilla, Y; Blanco, H; Apuy, M; González, L; Meneses, D. 2013. Recomendaciones para el manejo de la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* en el cultivo de piña. *Memorias Taller manejo de rastrojos del cultivo de piña y plagas que afectan la competitividad.* San Carlos, Costa Rica, PITTA PIÑA. 32 p.
- Solórzano, JA.; Gilles, J; Bravo, O; Vargas, C; Gómez-Bonilla, Y; Bingham, GV; Taylor, D. 2015. Biology and Trapping of Stable Flies (Diptera: Muscidae) Developing in Pineapple Residues (*Ananas comosus*) in Costa Rica (en línea). *J. Insect Sci.* 15(1):145-150. Consultado 11 de may. 2017. Disponible en: doi: 10.1093/jisesa/iev127.
- Talley, JL.; Broce, AB; Zurek, L. 2009. Characterization of stable fly (Diptera: Muscidae) larval development habitat at round hay bale feeding sites. *J. Med. Entomol.* 46(6):1310-1319.
- Taylor, DB; Friesen, K; Zhu, JJ. 2014. Stable Fly Control in Cattle Winter Feeding Sites with Novaluron. *Arthropod Manag. Tests.* 39(1):30-40.
- Taylor, D; Moon, R; Marck, D. 2012. Economic impact of stable fly (Diptera: Muscidae) on beef cattle production. *J. Med. Entom.* 49(1):198-209.
- Taylor, D; Berkebile, DR. 2011. Phenology of stable fly (Diptera: Muscidae) larvae in Round Bale Hay feeding sites in Eastern Nebraska (en línea). *Environ. Entomol.* 40(2):84-193. Consultado 02 de may. 2017. Disponible en: doi: 10.1603/EN10245.
- Taylor, DB; Moon, RD; Campbell, JB; Berkebile, DR; Scholl, PJ, Broce, AB; Hogsette, JA. 2010. Dispersal of stable flies (Diptera: Muscidae) from larval development sites in a Nebraska landscape (en línea). *Environ. Entomol.* 39(4):1101-1110. Consultado 02 de may. 2017. Disponible en: doi: 10.1603/EN10057.
- Taylor, D; Berkebile, D. 2006. Comparative efficiency of six stable fly (Diptera: Muscidae) traps. *J. Econ. Entomol.* 99(4):1415-1419.
- Vargas, C; Solórzano, A. 2016. Biología y cría de mosca del establo *Stomoxys calcitrans* L. *Rev. Alcances Tecnológicos-INTA, Costa Rica.* 11(1):5-19.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

POTENCIAL DE LOS FORRAJES PARA PRODUCIR ENSILAJE DE CALIDAD

William Sánchez Ledezma¹

RESUMEN

El objetivo del documento es ofrecer la metodología necesaria para determinar el potencial de un forraje para producir ensilados de calidad y brindar los parámetros de fermentación e indicadores organolépticos más relevantes que se deben tomar en cuenta para determinar la calidad de un ensilado. En el escrito se detalla que, para obtener un ensilado de excelente calidad, el forraje a ensilar debe tener como mínimo un 25 % de MS, un alto contenido de carbohidratos solubles (≥ 12 %) y baja capacidad buffer (< 250 meq NaOH/kg MS) y nitratos (< 10 %) en base seca. Además, el pH del ensilado debe ser igual o inferior a 4, con alto contenido de ácido láctico y trazas o no presencia de ácido butírico. Al mismo tiempo, el forraje conservado debe tener un color verde olivo, olor agradable a frutas maduras, textura bien definida y sin presencia de efluentes.

INTRODUCCIÓN

En el tema de ensilaje de un forraje se pueden distinguir tres términos: ensilaje, silo y ensilado. El ensilaje es la técnica de conservación anaeróbica mediante la cual los productos de la fermentación inhiben el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica. Es el proceso *per se*, que permite conservar el forraje original con variación en su calidad nutritiva. El silo es el depósito de dimensión y forma variable donde se almacena el forraje en capas uniformes, eliminando el aire mediante compactación y sellado, para que finalmente se lleve a cabo el proceso de fermentación. El ensilado es el forraje conservado, es decir el producto obtenido después de estabilizada la fermentación.

En términos generales, la calidad final de un ensilado depende de dos factores: de la eficiencia del proceso (cosecha, picado, uso de aditivos, sellado del silo y otros) y de las características del forraje a ensilar que favorecen el obtener un producto de buena calidad (Martínez 2003). Con respecto a las actividades del proceso, es indispensable realizarlas correctamente para reducir al máximo las pérdidas ocasionadas por: respiración celular del forraje después cosechado, actividad proteolítica de enzimas, desarrollo de gérmenes del género *Clostridium* y de microorganismos aeróbicos (Muck 1988).

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. INTA. Costa Rica. wsanchez@inta.go.cr. Sede Central del MAG. Sabana Sur.

En cuanto a las características del forraje, el que un material resulte en un ensilado de buena calidad, dependerá del contenido de materia seca, carbohidratos solubles, capacidad buffer y de los nitratos que tiene el forraje al momento de la cosecha. Es importante que los contenidos de los dos primeros indicadores sean altos, pero la capacidad buffer y los nitratos bajos

(Argamentoría *et al.* 1997, O'kkiely *et al.* 1989, McDonald *et al.* 1991).

En el presente documento se describen las metodologías que se pueden usar para evaluar el potencial que posee un forraje para producir un ensilado de buena calidad, así como los indicadores más relevantes del proceso del ensilaje.

COEFICIENTE DE FERMENTACIÓN

El coeficiente de fermentación es un indicador que se utiliza para determinar el potencial de fermentación de un forraje, el cual depende del contenido de materia seca, carbohidratos solubles, la capacidad buffer y de los nitratos que tiene el forraje al momento de la cosecha (Weissbach y Honig 1996). En función a estos, el potencial de un forraje para resultar en un ensilado de calidad se puede clasificar en tres rangos: alto, medio o bajo (Cuadro 1). Aunque según Martínez (2003), se pueden definir rangos medios. Por ejemplo, en el caso de un forraje que contenga entre 8 y 15 % de azúcares solubles y 20 % de MS, la posibilidad de que resulte en un buen ensilado sería media-baja. En caso de superar los 350 meq/kg MS de capacidad buffer, sería baja-media.

Para estudiar el potencial de un forraje y producir un ensilado de buena calidad, se puede utilizar la metodología propuesta por Weissbach y Honig (1996), la cual consiste en determinar el coeficiente de fermentación (CF) del forraje antes de ensilar mediante la siguiente fórmula:

$$CF = MS + 8 \cdot CHS / CB$$

Donde:

CF= Coeficiente de fermentación sin unidades

MS= Materia seca (%)

CHS= Carbohidratos solubles (%)

CB= Capacidad buffer (meq NaOH/ kg MS)

Cuadro 1. Parámetros que condicionan el potencial para producir un ensilado de calidad (valores referidos en base seca)

Parámetro	Potencial para producir un ensilado de calidad		
	Alto	Medio	Bajo
Materia seca (%)	> 25	20-25	< 20
Azúcares solubles (%)	> 25	8-15	< 8
Capacidad Buffer (meq NaOH/kg MS)	< 250	250-350	> 350
Nitratos (%)	< 10	10	> 10

meq NaOH= mega equivalente de hidróxido de sodio;
MS= materia seca.

Fuente: Elaborado con base en Weissbach y Honig 1996, Martínez 2003.

CONTENIDO DE MATERIA SECA

El contenido de materia seca (MS) del forraje es de gran importancia en el proceso de ensilaje, debido a que controla la generación de efluentes y pérdidas de carbohidratos. Cuando el contenido de MS supera el 25 % las pérdidas por efluentes se reducen significativamente (Vallejo 1995) y, disminuyen las pérdidas por respiración, lo que permite un predominio de las bacterias ácido-lácticas (McDonald 1991).

Otro aspecto importante relacionado con el contenido de humedad en el forraje antes de ensilar, es que las bacterias del género *Clostridium*, perjudiciales para la calidad del ensilado, requieren de condiciones húmedas para su desarrollo, por lo que su presencia se puede inhibir cuando el pH en la fermentación es bajo. Cuando el forraje a ensilar contiene un 30 % de MS se logra restringir la actividad de las bacterias *Clostridium*, en cambio, cuando la materia seca es igual o menor del 20 % se favorece el crecimiento de dichos microorganismos, incluso a un pH de 4 (Martínez 2003, De la Roza 2005).

Para mejorar el contenido de MS de los forrajes antes de ensilar, en ocasiones es necesario la implementación de técnicas de deshidratación parcial (oreado o pre-secado), proceso que deberá ser lo más rápido posible y no exceder las 36 horas. Las pérdidas de materia seca y de nutrientes pueden reducirse a la mitad al comparar un ensilado oreado con otro no sometido a ese proceso (Vallejo 1995, Mayne y Gordon 1986).

El contenido óptimo de MS para una fermentación adecuada del ensilado debe ser entre 30 y 35 %, valores que minimizan las pérdidas del producto final (Ojeda *et al.* 1991). Sin embargo, otros autores (Argamentería *et al.* 1997; Martínez y De la Roza 1997; Martínez 2003, Yahaya *et al.* 2002) consideran que el valor mínimo debe ser del 25 % de MS, y que la situación se agrava cuando el valor es igual o inferior al 15 %, valor que se encuentra frecuentemente en pastos de corte tiernos. Según Vallejo (1995) durante el proceso de ensilaje las pérdidas de MS no deben exceder del 6 o el 8 %, debidas principalmente a la respiración del forraje, la actividad de los microorganismos aeróbicos y los clostridios.

CARBOHIDRATOS SOLUBLES

Los carbohidratos son los componentes más abundantes en todos los vegetales y en la mayoría de las semillas. Se clasifican en tres grupos: los simples o solubles como la glucosa y fructosa, los de reserva como el almidón, y los estructurales como la celulosa y la hemicelulosa, constituyendo estos últimos la pared celular de las plantas (Relling y Mattioli 2003.).

A los carbohidratos simples también se les denomina carbohidratos solubles, porque son compuestos que se disuelven en agua, y entre ellos se incluyen los monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos. Estos carbohidratos son indispensables en el proceso de elaboración de ensilados, debido a que los microorganismos los utilizan como la principal fuente de energía para su crecimiento. El bajo contenido de carbohidratos

solubles en el forraje puede limitar las condiciones de la fermentación, debido que no se logra reducir el pH a las condiciones óptimas. Normalmente se requiere un mínimo de 6 a 12 % de carbohidratos solubles en base seca, para lograr una fermentación apropiada en el ensilaje (Alaniz 2008 y Lima *et al.* 2012).

Según Alaniz (2008) y Woolford y Sawcycz (1984), el contenido de carbohidratos en las plantas depende de los siguientes factores:

- Especie forrajera: Las gramíneas contienen más carbohidratos que las leguminosas, aunque dentro de cada familia se dan diferencias entre especies e incluso entre variedades. Al respecto, Suárez-Paternina *et al.* (2016)

encontró mayor concentración de azúcares solubles en el pasto mulato II (*B. hybridum*), que en estrella (*C. nlemfuensis*) y Mombasa (*P. maximum*).

- **Madurez de la planta:** En una misma especie y variedad, la edad de la planta y estado fenológico afecta su composición química, reduciéndose el contenido de carbohidratos solubles a medida que la planta madura, lo que incide en el potencial de esta para producir un ensilado de buena calidad (Velasco *et al.* 2002, Martínez 1994, Martínez 2003 y Dean y Clavero 1992).
- **Condiciones meteorológicas:** Excesiva precipitación reduce la concentración de azúcares, al igual que la alta temperatura, pues el calor aumenta la tasa de respiración celular. En cambio, la alta radiación solar favorece la fotosíntesis de la planta y por tanto la producción de azúcares McDonald *et al.* 1991 y Cajarville *et al.*, 2007).
- **Fertilización nitrogenada:** si la dosis es alta se reduce la concentración de azúcares, pero si es baja ocurre lo contrario (McGrath 1992).
- **Densidad de plantación:** En cultivos de porte alto como el maíz y el sorgo, una elevada densidad de plantas por hectárea, retrasa la edad en que la planta alcanza la máxima concentración de azúcares (McAllan y Phipps 1977).
- **Hora de cosecha:** Las mayores concentraciones de azúcares solubles se presentan en las horas del mediodía (Suárez-Paternina *et al.* 2016).

Todos estos factores hacen que la concentración de azúcar en un forraje sea variada, y por tanto difícil de predecir. En términos generales, se puede decir que en un día gris y nublado la concentración de azúcares es inferior a la de un día claro y soleado, y mejor aún si la noche anterior ha sido fría. La temperatura, intensidad de la luz, la precipitación del día anterior y la hora de la cosecha, tienen mayor relevancia en la concentración de azúcares que la madurez de la planta (Guillet 1984, Cajarville 2007). Aunque en forrajes tropicales quizá estas variables no sean tan relevantes en la concentración de azúcares.

El contenido de carbohidratos solubles en el forraje a ensilar es fundamental para lograr una adecuada fermentación. Es un buen indicador de la aptitud que tiene un forraje para ser ensilado ya que los carbohidratos solubles son el sustrato que permitirá producir suficiente ácido láctico para lograr un pH bajo, lo que ayudará a evitar la actividad de las bacterias *Clostridium* y con ello la fermentación secundaria no deseada (Martínez 2003).

En cuanto a la concentración recomendable de azúcares para una adecuada fermentación, existen grandes diferencias entre los resultados de diferentes investigaciones. Martínez (2003) indica que debe contener al menos 12-15 % de azúcares solubles en base seca.

CAPACIDAD BUFFER

La capacidad tampón o buffer (CB) de las plantas se define como la resistencia que presentan las plantas a cambios de pH. Es un indicador relevante en el proceso del ensilaje, se expresa en miliequivalentes de álcali por kilogramo de materia seca (meq NaOH/kg MS) necesarios para reducir el pH de 6 a 4. Se puede utilizar como indicador de la cantidad de carbohidratos que se deben fermentar para que tenga lugar la síntesis de ácido láctico necesario (Martínez 2003). Algunos investigadores (Jobim *et al.* 2007) consideran que la disminución lenta o rápida del pH del

forraje después del corte, depende del contenido en proteína cruda, de los iones inorgánicos (Ca, K, Na) y de la combinación de ácidos orgánicos que contiene el forraje en el momento de la cosecha.

La edad de la planta es fundamental, debido a que la relación hoja/tallo se reduce con la edad, por lo que los metabolitos de la planta también disminuyen y, como consecuencia, el contenido de ácidos orgánicos, lo que conlleva a un descenso de la capacidad tampón conforme madura la planta (Martínez 1994, De la Roza 2005, Muck

et al. 1991). Cuanto mayor sea la capacidad tampón será necesario producir más ácido láctico durante el ensilaje para alcanzar el pH óptimo (alrededor de 4) y, por tanto, se necesitará mayor cantidad de azúcares solubles (Cañete y Sancha 1998).

La capacidad tampón de un forraje varía de acuerdo con la especie. Varios autores refieren valores que oscilan entre 200 y 600 meq de NaOH kg MS (McDonald *et al.* 1991, Muck *et al.* 1991, Martínez 1994). En general, las gramíneas presentan menor capacidad tampón que

las leguminosas. Estos mismos autores citan valores de 250 a 400 para los rye grass, y entre 500 y 600 para el trébol y la alfalfa, por lo que las leguminosas resultan más difíciles de ensilar. Por lo general el cultivo de maíz presenta valores más bajos (McDonald *et al.* 1991, Martínez *et al.* 1999). En un estudio realizado en Costa Rica con maíz en asociación con vigna (*Vigna radiata*) se encontraron valores que oscilaron entre 52,4 y 89,8 (Castillo *et al.* 2009). En general, con valores inferiores a 350 meq NaOH/kg MS es posible lograr la correcta acidificación de la masa forrajera (Martínez 2003).

NITRATOS

La fertilización nitrogenada es fundamental para el crecimiento y la producción de las pasturas debido al alto requerimiento de N que tienen las plantas (Dugarte y Ovalles 1991, Urbano *et al.* 2005 y Ruiz *et al.* 2014). Sin embargo, su aplicación en determinadas condiciones y cantidades puede alterar la concentración de nitratos (NO_3^-) en la planta y por ende el contenido de azúcares, incrementando la capacidad tampón como se explicó en las secciones anteriores (McGrath 1992, Martínez 1994, De la Roza 2005 y Muck 1991).

En gramíneas de zona templada, con aplicaciones moderadas de fertilizantes nitrogenados -no mayores a $170 \text{ kg N ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ -, se acumulan entre 5 y 10 g de NO_3^- por kg de MS de forraje. Estas cantidades producen beneficios sobre la fermentación, ya que mejora la eficiencia de la utilización de los azúcares por las bacterias lácticas. Sin embargo, con dosis superiores a $300 \text{ kg N ha}^{-1}\text{año}^{-1}$, se superan los 10 g de NO_3^- , lo que reduce la fermentación láctica (Martínez 2003).

PARÁMETROS DE FERMENTACIÓN

Después de elaborar el ensilado, su calidad se determina a partir de los metabolitos de fermentación y los indicadores organolépticos. Entre los metabolitos más comúnmente usados para determinar la calidad del ensilado están: el pH, el N-soluble, el N-amoniaco, los azúcares solubles, el ácido láctico, los ácidos grasos volátiles totales y los alcoholes (Martínez 2003; De la Rosa 2005).

En cuanto a los organolépticos, Chaverra y Bernal (2001) consideran que los más relevantes son el olor, el color, la textura y el grado de humedad. A continuación, se describen estos con mayor detalle.

METABOLITOS DE FERMENTACIÓN

El pH es uno de los indicadores más relevantes en la elaboración de ensilados. Se utiliza como referencia o indicador de la calidad fermentativa del forraje, debido a que es una de las transformaciones más radicales que ocurren en el forraje y porque tiene una estrecha relación con los procesos degradativos durante la conservación

(Jiménez y Moreno 2002 y Jobim *et al.* 2007). El pH es un indicador que refleja la magnitud de la fermentación y tiene relación con el contenido de MS, cuanto más alto, mayor será el pH y menor la acidez del ensilado (Martínez 2003, De la Roza 2005). En la Figura 1 se presenta la relación entre el contenido de MS del forraje y el pH del ensilado.

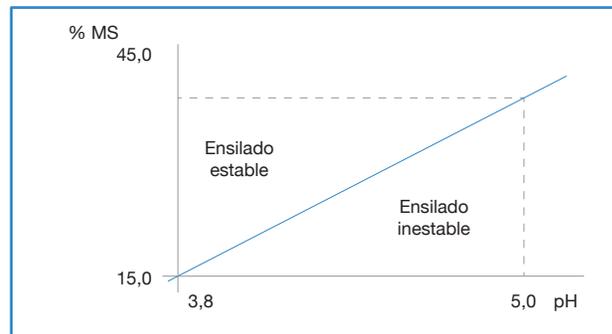


Figura 1. Estabilidad de un ensilado en función al contenido de materia seca (MS) y el pH.

Fuente: INRA (1981).

Como se observa en la Figura 1, el pH final de un ensilado aumenta conforme se incrementa el contenido en MS (Haigh 1987), ya que se limita la actividad de las bacterias a causa de la falta de agua para sus funciones vitales (Pichard y Cussen 1994).

Después de cortar el forraje y ensilarlo, es necesario que el descenso del pH ocurra lo más pronto posible para garantizar un hábitat desfavorable para las bacterias clostridios y reducir la respiración, evitando así la proteólisis y la proliferación de los microorganismos indeseables en el proceso. Se considera que cuando un ensilaje alcanza valores de pH alrededor de 4,2, ha logrado su estabilidad fermentativa (Pezo 1981, Muck 1988). Cuando el pH de un ensilado es menor de 4, las bacterias indeseables se inhiben y comienzan a ser remplazadas por las lácticas. Estos microorganismos comienzan a aumentar paulatinamente siempre y cuando existan carbohidratos disponibles. A medida progresa el proceso de ensilaje se va acumulando ácido láctico, el cual es el responsable de la conservación adecuada del forraje (Pezo 1981, Fernández 1999). Por el contrario, cuando el pH es mayor a 5, el ácido predominante

es el butírico, produciendo deterioro de la masa forrajera (De la Roza 2005). Además, Pezo (1981) y Fernández (1999) mencionan que, a este nivel de pH, las bacterias indeseables fermentan los azúcares solubles y ácidos orgánicos produciendo ácido butírico, CO₂ e hidrógeno, resultando en un ensilado de color negro y olor rancio. En ocasiones otros microorganismos fermentan los aminoácidos produciendo amoníaco con olor a orina, o animas con olor pútrido, lo que puede ocasionar reducción en el consumo voluntario de los animales.

Como producto de la fermentación de los ensilados, se producen una serie de metabolitos, siendo el N-soluble, el N-amoniacal, los azúcares residuales, el ácido láctico y los ácidos grasos volátiles (AGV's) los más relevantes (McDonald *et al.* 1991, Martínez *et al.* 1999, De la Roza *et al.* 2005, Martínez 2003). La calidad de los ensilados se puede clasificar en excelente, buena, regular, mala y muy mala según la concentración de estos metabolitos (Martínez *et al.* 1999). En la Cuadro 2 se presentan la concentración de los metabolitos más importantes para determinar la calidad de un ensilado.

Cuadro 2. Calidad de los ensilados de forrajes en función a los parámetros de fermentación.

Calidad	N-soluble (% N total)	N-amoniaco (% N total)	Ácido láctico (% MS) Total	Ácidos grasos volátiles (% MS)		
				Total	Acético	Butírico
Excelente	< 50	< 7	> 3	< 4	< 2	Ausencia
Buena	50-60	7-10	3-1,5	4-7	2-4	Trazas
Regular	60-65	10-15	1,5-0,5	7-10	4-5,5	< 0,5
Mala	> 65	15-20	< 0,5	10-13	5,5-7,5	> 0,5
Muy mala	> 75	> 20	Ausencia	> 13	> 7,5	> 0,5

Fuente: Martínez *et al.* (1999)

La relación de los azúcares solubles residuales en el ensilado con los del forraje de partida, indican si hubo suficiente sustrato para la fermentación láctica (Venegas 2011). La ausencia de azúcares solubles en el jugo del ensilado es un indicador de que la fermentación fue correcta (Martínez *et al.* 1999).

El N-soluble y el N-amoniaco presentes en el ensilado, provienen principalmente del metabolismo de los aminoácidos y los nitratos presentes en el forraje, como resultado de la acción de las bacterias (Esperance y Ojeda 1991, Martínez *et al.* 1999, Pichard y Rybertt 1993). La concentración de N-amoniaco es mayor en ensilados provenientes de leguminosas, el cual se puede reducir

agregando carbohidratos solubles (melaza, granos de cereales y otros) como sustrato (Argamentería *et al.* 1997). Para poder utilizarlos como indicadores del proceso de fermentación, es necesario expresarlo como porcentaje del nitrógeno total presente en el ensilado, indicando la proporción de las proteínas que se han degradado. En un ensilado bien conservado, se considera como óptima una concentración menor de 7 % de nitrógeno amoniaco como porcentaje del nitrógeno total (Esperance y Ojeda 1991). El N-amoniaco es uno de los principales indicadores de calidad de la fermentación, ya que se puede relacionar con el consumo voluntario por el ganado bovino (Dolezal 2003), como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Relación entre el nitrógeno amoniaco y la calidad del ensilado, con respecto al consumo voluntario de bovino.

Nitrógeno amoniaco (% N total)	Calidad de Fermentación	Consumo relativo (%)
0-5	Excelente	100
5-10	Buena	98
10-15	Moderada	95
>15	Deficiente	90

El ácido láctico resulta de la transformación de los azúcares presentes en el forraje, contribuyendo de manera fundamental a la reducción del pH y a la estabilidad del ensilado (Martínez *et al.* 1999 y Venegas 2011). En condiciones ideales, la fermentación láctica es la última etapa del proceso de elaboración del ensilado. Corre a cargo de bacterias lácticas, que degradan los azúcares solubles y hemicelulosas presentes en el forraje hasta ácido láctico (Martínez 2003).

Para que este proceso se lleve a cabo adecuadamente, las bacterias requieren un pH comprendido entre 3 y 4, y condiciones de anaerobiosis.

Finalmente, la acción de las bacterias es inhibida por escasez de azúcares solubles y acumulación de ácido láctico. Cuando esto ocurre, el forraje queda estabilizado y se ha convertido en ensilado (De la Roza 2005).

Los ácidos grasos volátiles son el producto de otras fermentaciones distintas a la láctica y que contribuyen al deterioro e inestabilidad del ensilado. Los más importantes son el ácido acético, propiónico y butírico. En un ensilado excelente, los dos primeros deben de estar presente en pequeñas cantidades, y el butírico ausente o en cantidades despreciables. Son el resultado de las

fermentaciones secundarias no deseables, inducidas por las bacterias coliformes y del género butírico, que en la mayoría de los casos están adheridas al forraje a través de la tierra, estiércol u otra partícula indeseable (Martínez 2003, Venegas 2011, De la Roza 2005 y Martínez *et al.* 1999).

El ácido acético se comienza a formar después de muertas las células vegetales por acción de las bacterias coliformes de la familia *Enterobacteriaceae*, las cuales producen ácido acético a partir del láctico. Su actividad requiere una temperatura óptima entre 18 y 25 °C, y desaparece al alcanzarse un pH de 4,2. Las bacterias coliformes solamente presentan actividad en la fase inicial del ensilado, siendo reemplazadas progresivamente por cocos lácticos como las *Streptococcus*, *Pediococcus* y *Leuconostoc* (McDonald *et al.* 1991, Martínez *et al.* 1999 y De la Roza 2005).

La producción de ácido butírico también está a cargo de las bacterias coliformes, que

transforman el ácido láctico en acético y gérmenes butíricos, principalmente del género *Clostridium* que degradan el nitrógeno proteico del forraje (Martínez *et al.* 1999). Estos autores consideran que la ausencia total de ácido butírico es el mejor indicador que el ensilado está bien conservado. Afirmación que coincide con De la Roza (2005), al argumentar que en el proceso del ensilaje la fermentación butírica es la más peligrosa, por lo que es preciso minimizarla. La formación de ácido butírico requiere temperaturas entre 20 y 40 °C, en competencia con las bacterias lácticas, pero los microorganismos que forman el ácido butírico requieren un pH superior a 4. También existen especies de bacterias proteolíticas que degradan el nitrógeno proteico del forraje hasta ácido butírico y amoníaco. Otras bacterias sacarolíticas degradan los azúcares y el ácido láctico hasta ácido butírico (McDonald *et al.* 1991 y De la Roza 2005). El último autor considera que también es necesario evitar la fermentación alcohólica a cargo de levaduras y hongos, debido a que una excesiva concentración de alcoholes resulta tóxica para el ganado.

INDICADORES ORGANOLÉPTICOS

La calidad de los ensilados también se puede valorar en función de parámetros organolépticos como el olor, el color, la textura y la humedad

(Chaverra y Bernal 2001). En el Cuadro 4 se presenta la clasificación de los ensilados según estos parámetros organolépticos.

Cuadro 4. Clasificación de ensilados en función a los parámetros organolépticos.

Calidad	Parámetro organoléptico			
	Color	Olor	Textura	Humedad
Excelente	Verde aceituna	Agradable, a fruta madura	Conserva los contornos definidos	No humedece al comprimir
Buena	Verde Amarillo	Agradable, ligero a vinagre	Conserva los contornos definidos	No humedece al comprimir
Regular	Verde oscuro	fuerte a vinagre	Bordes del ensilado mal definidos	Al comprimir gotea efluentes
Mala	Oscuro, casi negro	Desagradable, a putrefacción	Masa amorfa y jabonosa al tacto	Al comprimir destila efluentes

A pesar de que cualquier forraje se puede ensilar, la calidad final de un ensilado depende de las características del forraje y la eficiencia con que se realicen las diversas actividades que intervienen en el proceso. Con respecto a las cualidades del forraje, es conveniente ensilar forrajes con alto contenido de materia seca y

carbohidratos solubles, y baja capacidad buffer y nitratos. En cuanto a las actividades que intervienen en el proceso del ensilaje, utilizar un adecuado tamaño de picado, el uso de aditivos, buena compactación y el sellado hermético del silo, son indispensables para obtener un buen ensilado.

LITERATURA CITADA

- Alaniz Villanueva, OG. 2008. Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Tesis M.Sc. Ciudad de Durango, México. Instituto Politécnico Nacional. 37 p.
- Argamentería, A; De la Roza, B; Martínez, A; Sánchez, L; Martínez, A. 1997. El ensilado en Asturias. Asturias, España. Editorial Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. 127 p.
- Cajarville, C; Britos, A; Caramelli, A; Antúnez, M; Zanoniani, R; Boggiano, P; Repetto, J. 2007. El horario de corte y el tipo de metabolismo fotosintético afectan la relación azúcares/nitrógeno de las pasturas. Sitio Argentino de Producción Animal. APPA- ALPA. 1-5 p.
- Cañete, M.V; Sancha, JL. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. 260 p.
- Castillo, M; Rojas, A; WingChing, R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). Agronomía Costarricense 33(1):133-146.
- Chaverra, H; Bernal, J. 2000. El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. In Bibliografía Memoria Institucional del IICA en Colombia 1962-2002. Bogotá, Colombia. Soche G. 2002 (ed). IICA-Tercer Mundo. 153 p.
- De la Roza, B. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. In IV Jornadas de alimentación animal. Pontevedra, España. Laboratorio de Mouriscade. 1-20 p.
- Dean, D; Clavero, T. 1992. Características de crecimiento del Pasto Elefante Enano (*Pennisetum purpureum* cv Mott). Revista de Agronomía. Universidad de Zulia. 9:25-34.
- Dolezal, P. 2004. The influence of the silage with high acidity on the rumen fermentation of cows. Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis LII (1):91-96.
- Dugarte, M; Ovalles, L. 1991. La producción de pastos de altura, kikuyo y ryegrass perenne en el estado de Mérida (en línea). Boletín n.º 36. Estación Experimental Mérida, Colombia. Consultado el 8 de jul. 2015. Disponible en http://web.altagenetics.com/mexico/DairyBasics/Details/9486_Ganaderia-bovina-y-emision-de-gases-de-efecto-invernadero.html.
- Esperance, M; Ojeda, F. 1997. Conservación de Forrajes. Pastos y forrajes 20(1):1-5.
- Fernández, A. 1999. El silaje y los procesos fermentativos. Buenos Aires, Argentina. EEA-INTA. 11 p.
- Guillet, M. 1984. Las gramíneas forrajeras. In Prontuario de Agricultura. Madrid, España. Carrera, M; Galán, V; González, F; Hidalgo, L; Maroto, JV; Mateo, LM; Navaro, J; De la Puerta, C; Rojas, C; Zaragoza, S. 2005 (eds). Editorial Mundi-Prensa. 355 p.
- Haigh, P. 1987. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of grass silage on commercial farms. Grass and Forage Science 42:1-8.
- INRA (Institut national de la recherche agronomique). 1981. Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Versailles, Francia. Editorial INRA Publications. 590 p.
- Jiménez, F., Moreno, J. 2000. El ensilaje una alternativa para la conservación de forrajes. CORPOICA 13(1):71-78.
- Jobim, CC; Nussio, L; Reis, R; Schmidt, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. Revista Brasileira de Zootecnia 36:01-119.
- Lima, R; Castro, A; Fievez, F. 2012. Ensiled sorghum and soybean as ruminant feed in the tropics, with emphasis on Cuba. Grass and Forage Science 66(1):20-32.
- Martínez, A. 1994. Evolución de la aptitud para ensilar de las especies pratenses: *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum* y *Dactylis glomerata*. In Seminario de investigación. Oviedo, España. Universidad de Oviedo. 25 p.
- Martínez, A. 2003. Ensilabilidad de especies pratenses en Asturias y su interacción con el uso de aditivos. Tesis Ph.D. Oviedo, España. Universidad de Oviedo. 450 p.
- Martínez, A; De la Roza, B; Fernández, O. 1999. Nuevas técnicas para determinar la calidad de los ensilados. Asturias, España. Boletín Pastos y Forrajes. CIATA. 48.

- Martínez, A; De la Roza, B. 1997. Poder contaminante de los efluentes de ensilados de hierba y raigrás italiano según materia seca del forraje inicial y aditivo utilizado. *In* Actas de la XXXVII Reunión Científica de la SEEP. Sevilla, España. p. 199-204.
- Mayne, CS; Gordon, FJ. 1986. Effect of harvesting system on nutrient losses during silage making. *Grass forage Sciences* 41(4):341-351.
- McAllan, AB; Phipps, RH. 1977. The effect of sample date and plant density on the carbohydrate content of forage maize and changes that occur in silage. *Journal of Agricultural Science* 89(3):589-597.
- McDonald, P; Henderson, AR; Heron, SJ. 1991. *The biochemistry of silage*. Ciudad Madison, USA. Editorial Chalcombe Publications. 340 p.
- McGrath, D. 1992. A note on the influence of nitrogen application and time of cutting on water soluble carbohydrate production by italian ryegrass. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 31(2):189-192.
- Muck, R. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science* 71(11):2992-3002.
- Muck, RE; O'kiely, P; Wilson, RK. 1991. Buffering capacities in permanent pasture grasses. *Irish Journal of Agricultural Research* 30(2):129-141.
- Ojeda, F; Cáceres, O; Esperance, M. 1991. *Conservación de Forrajes*. La Habana, Cuba Editorial Pueblo y Educación. 80 p.
- O'kiely, P; Flinn, V; Poole, D. 1989. Sulphuric acid as silage preservative. 1. Silage preservation, animal performance and copper status. *Irish Journal of Agricultural Research* 28(1):1-9.
- Pezo, D.1981. Ensilajes de forrajes tropicales. *In* Producción y Utilización de Forrajes en el Trópico. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No. 10. p. 141-154.
- Pichard, G; Rybertt, G. 1993. Degradación de las proteínas en el proceso de ensilaje. *Ciencia e Investigación Agraria* 20(2):402-429.
- Relling, AE; Mattioli, GA. 2003. *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes*. Buenos aires, Argentina. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. 28 p.
- Ruiz, JD; Villar, D; Corre, HJ; Roldán, M; Ríos, CJ. 2014. Niveles de nitrato en pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) fertilizado con urea en el antiplano de Antioquia, Colombia. *CES* 9 (1):52-57.
- Suárez-Paternina, E; Reza-Garcia, S; Cuadrado-Capella, H; Pastrana-Vargas, I; Espinosa-Carvajal, M; Mejia-Kerguelen, S. 2016. Variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú. *CORPOICA Ciencia Tecnología Agropecuaria* 16(2):181-188.
- Urbano, D; Castro, F; Dávila, C. 2005. Efecto de la presión de pastoreo y fertilización NPK sobre la composición botánica de la asociación kikuyo-maní forrajero en la zona alta del estado Mérida. *Zootecnia Tropical* 23(4):333-344.
- Vallejo, MA. 1995. Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 115 p.
- Velasco, ME; Hernández, A; González, VA; Pérez, J; Vaquero, H. 2002. Curvas estacionales del ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(1):97-106.
- Venegas, JL. 2011. Comparación de dos sistemas de manejo (convencional o ecológico) en la evolución del cultivo de maíz forrajero. Evaluación de posibles diferencias en degradabilidad ruminal de los ensilados resultantes. Tesis M.Sc. Zaragoza, España. Universidad de Zaragoza. 104 p.
- Weissbach, F; Honig, H. 1996. Über die Vorhersage und Steuerung des Gärungsverlaufs bei der Silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. *Landbauforschung Völkenrode* 46 (1):10-17.
- Woolford, MK; Sawczyk, MK. 1984. An investigation into the effect of cultures of lactic acid bacteria on fermentation in silage. *Grass and Forage Science* 39(2):149-158.
- Yahaya, MS; Kawai, M; Takahashi, J; Matsuoja, S. 2002. The effect of different moisture contents at ensiling on silo degradation and digestibility of structural carbohydrates of orchard grass. *Animal Feed Science and Technology* 101(1):127-133.

ANÁLISIS Y COMENTARIO

CAMBIO CLIMÁTICO Y PLAGAS EN EL TRÓPICO

Sergio Abarca Monge¹

RESUMEN

El objetivo fue realizar un estudio de la relación entre el cambio climático y las plagas en el trópico mesoamericano, el cual presenta ecosistemas muy diversos y frágiles. En este caso las interacciones entre organismos son constantes a través de los ciclos fenológico de los cultivos perennes o con variaciones influenciadas por las condiciones climáticas. De acuerdo con las proyecciones del clima a futuro, la distribución, irrupción y la severidad de las plagas serán mayores, en la medida que el cambio climático avance y los eventos meteorológicos extremos incrementen su frecuencia. Es necesario que los organismos de protección sanitaria y fitosanitaria generen sistemas de alertas tempranas en plagas irruptivas, e incluir el cambio climático entre los componentes del análisis de riesgo de plaga.

INTRODUCCIÓN

El clima está variando, la evidencia científica lo confirma, según la Administración Atmosférica y Oceánica Nacional de los Estados Unidos (NOAA por sus siglas en inglés) el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera continúa su incremento. Se reporta un nivel global en octubre de 2015 de 398,6 partes por millón (ppm), mientras que para el mismo mes del año 2016 fue de 402,3 ppm (NOAA 2017). Por otra parte, la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA por sus siglas en inglés) indica que a nivel global la anomalía de temperatura desde 1880 al 2015 fue de 0,87 °C. También indica que el Ártico ha perdido 13 % de su masa de hielo por década desde 1980 y el hielo en la parte terrestre del planeta se reduce a una velocidad de 281 billones de toneladas

anuales (NASA 2017b). Independientemente de las causas del cambio climático y su grado de aporte; así como las distorsiones y efectos confundidos que se derivan de los intereses de las diferentes actividades humanas; que posiblemente es donde se centre la discusión en el futuro cercano. La realidad es que la variabilidad climática está afectando los sistemas ecológicos, dentro de estos a la agricultura. En Costa Rica dos eventos meteorológicos recientes lo confirman, la peor sequía de los últimos 80 años en el corredor seco centroamericano (2014-2015) y el paso del huracán Otto (el 24 noviembre del año 2016) siendo el primero que cruza totalmente el país desde que se llevan registros sistematizados.

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. sabarca@inta.go.cr. Oficina INTA/CATIE/FONTAGRO. Turrialba, Cartago.

PLAGAS Y BIODIVERSIDAD

La Convención Internacional de Protección de Plantas (FAO y CIPF 2006) define plaga como cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales.

Del Convenio para la Diversidad Biológica (ONU 1992) se entiende que la biodiversidad es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente. Incluye los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. Define ecosistema como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional. Indica que una especie domesticada o cultivada es aquella en cuyo proceso de evolución han influido los seres humanos para satisfacer sus propias necesidades.

Por otra parte, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 2002), indica que los cambios en el clima ejercen una presión adicional a la flora y fauna del planeta y el cambio climático

afecta a todos aspectos de la biodiversidad. En general los seres vivos, en la medida que se incrementa la temperatura de sus ecosistemas se desplazarán hacia los polos (en términos latitudinales) y a lugares más altos dentro de la misma latitud. Por ejemplo, la garrapata *Rhipicephalus microplus* (*Boophilus*), especie de mayor prevalencia en bovinos en Mesoamérica, había estado limitada a zonas del trópico bajo y medio con altitudes entre 0 y 1500 msnm, sin embargo, en Colombia en 2009 se encontró establecida en predios lecheros entre 2200 y 2400 msnm con un registro a 2903 msnm (Cortés *et al.* 2010).

De lo anterior se puede intuir que las plagas son parte del conjunto de seres vivos que conforman la biodiversidad del planeta y que su comportamiento y distribución se verán afectados por el cambio climático.

Se ha formulado un esquema (Figura 1) de los componentes del cambio climático y su impacto en los componentes de la biodiversidad, indicando que se observará una reducción de los seres vivos en la medida que este impacte los ecosistemas (Bellard *et al.* (2012).

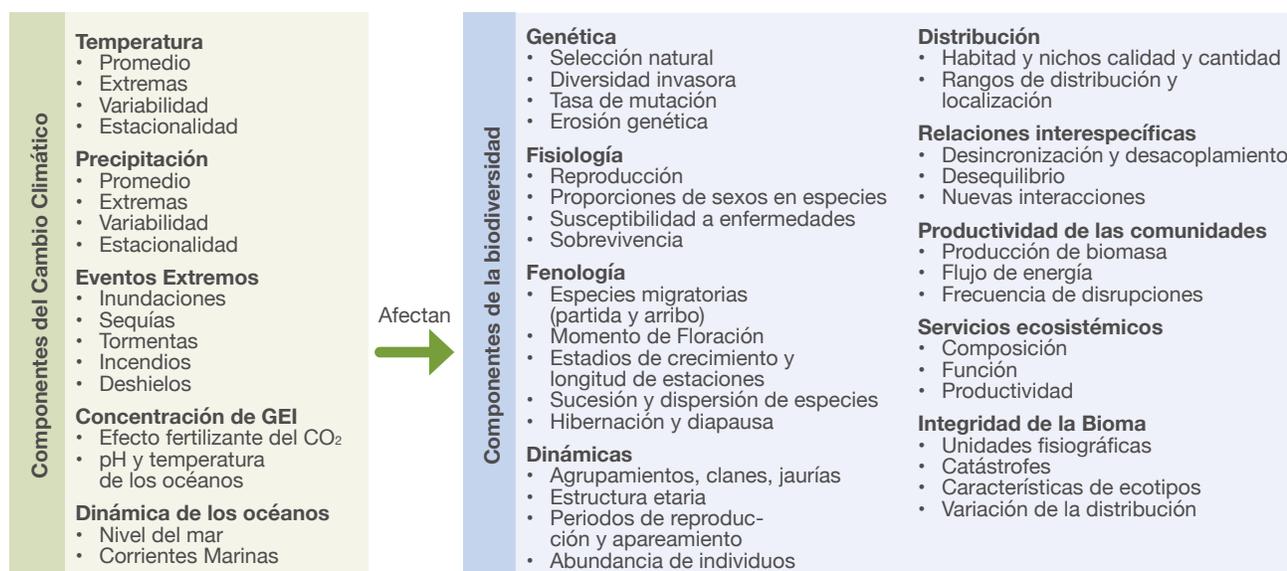


Figura 1. Impacto del cambio climático en la biodiversidad.

Fuente: Bellard *et al.* 2012.

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PLAGAS

El incremento de CO₂ en la atmósfera puede afectar a los artrópodos, nemátodos y moluscos plaga, tanto por las alteraciones fisiológicas que podrían sufrir las plantas hospederas, como también en la distribución de las diferentes especies plaga y el grado de daño que puedan infringir. El principal efecto directo sería la variación del ciclo de vida especialmente en las plagas insectiles, otros efectos indirectos se darían por las relaciones depredador/hospedero, competencia intraespecífica, y entre especies. Existe muy poca información sobre el riesgo de pérdidas por insectos y otras plagas en ambientes naturales y áreas de cultivos producto del cambio climático en el trópico. No obstante, en las tierras agrícolas, se conoce que hay una fuerte asociación entre la expansión de las áreas de cultivo, los cambios del clima y el rango de distribución y nichos ecológicos de las plagas, que están fuertemente ligados a grandes poblaciones de individuos que realizan todo su ciclo de vida en los agro-ecosistemas durante los sucesivos ciclos de cultivo (Southwood y Comis 1976).

Uno de los pocos casos estudiados del daño de los insectos a causa del cambio climático, es la destrucción de los bosques naturales de pino por el escarabajo del pino de montaña (*Dendroctonus ponderosae*) en el oeste de Canadá; el escarabajo es un insecto nativo de los bosques del noroeste de Norte América, y se ha considerado una plaga

de irrupción con ataques variables de acuerdo a las condiciones climáticas en los diferentes años. Se estima que las pérdidas por emisión de carbono por los árboles muertos debido al ataque de dicho insecto es de 36 g C m⁻² año⁻¹ con una estimación de emisión para el periodo 2000-2020 de 270 megatoneladas de carbono, en 376 000 km² de bosque (Kurz *et al.* 2008).

Entre los aspectos de relevancia, sobre las variaciones de corto plazo en los ciclos de vida de las plagas ante el cambio climático, están una serie de estadios y otros elementos de adaptación con que cuentan, por ejemplo: diapausa, migración, modificaciones genéticas, modificación del intervalo generacional de las poblaciones, entre otros.

La variable climática que podría afectar el ciclo y dispersión de las plagas en un territorio o región es la temperatura, la cual es también la principal variable indicadora del cambio climático. De acuerdo con Porter *et al.* (1991), los factores que se afectan por la temperatura en los insectos plaga son: limitaciones geográficas, severidad de los inviernos, nivel de las tasas de crecimiento poblacional, número de generaciones por año y por ciclo, longitud de la estación de reproducción y crecimiento de la plaga, interacciones inter-específicas, dispersión, migración, soporte de la planta huésped y plantas de refugio.

CAMBIO CLIMÁTICO Y PLAGAS EN EL TRÓPICO

En el trópico donde las interacciones biológicas imperan, es de esperar una presión de plaga en la mayor parte del año y un mayor número de especies silvestres hospederas, así como parasitarias y depredadoras de la misma plaga. En términos ecológicos el alimento será la limitante (consumo de los principales hospederos por el depredador), en cultivos los periodos de veda e intervalos de barbecho entre ciclos ponen limitantes alimenticias a las plagas (Ewell 1971).

Un caso de reciente suceso es la introducción de la cochinilla rosada *Maconellicoccus hirsutus* al caribe y luego al continente a través de Belice.

El grado de severidad en relación al clima podría estar marcado a partir de eventos climatológicos severos (huracanes, inundaciones, sequías) que produzcan desbalances entre las poblaciones de individuos en los ecosistemas, tanto naturales como agropecuarios.

La globalización de los mercados ha intensificado el intercambio de plantas, o partes de estas con riesgo de portar plagas. En los últimos años se ha observado un mayor reporte de plagas introducidas a un territorio, país o región. La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria se ha reestructurado a partir de 1997 (FAO y CIPF 2009) y hoy día es parte técnica del Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial de Comercio, que ha tomado el tema de cambio climático y su relación con el comercio internacional de las plantas y sus partes.

Por otra parte, las investigaciones relacionadas con las plagas endémicas realizadas en países y regiones, han detectado un mayor número de especies plaga y de plantas hospederas alternas. En relación con las plagas cuarentenarias de alto riesgo de introducción, se nota mayor reconocimiento de la distribución en las plantas hospederas potenciales, e insectos vectores en el caso de portadores de enfermedades. De esta forma, el aporte negativo del cambio climático a esta compleja combinación en el control de las plagas es facilitar el establecimiento de la mayoría de ellas, mejorado las condiciones climáticas para su reproducción, dispersión y establecimiento.

Tomando como ejemplo el caso de la cochinilla rosada y la experiencia observada en el periodo entre 1998 a 2005, como una especie invasiva en el Caribe y parte norte de la región mesoamericana, podemos indicar, que cuando ingresó a Granada en las Antillas menores en 1994, causó un serio impacto en la vegetación existente de la isla, especialmente en la flora nativa y plantas ornamentales, dado a algunos aspectos como: la inexistencia de depredadores naturales, condiciones de clima tropical húmedo para su óptimo desarrollo, y abundancia de alimento por la presencia de varios hospederos. No obstante, la rápida introducción y reproducción de los controladores biológicos fue exitosa, por lo que, en las subsiguientes introducciones y dispersión de la plaga en las islas vecinas, el impacto fue menor en la flora natural. En 2001, al ingreso de la plaga a la región mesoamericana a través de Belice, presentó una fase de irrupción en la vegetación de las zonas urbanas de Belmopan. De nuevo, la rápida introducción, reproducción y liberación de controladores biológicos como *Anagirus kamali*, redujo la severidad y luego mantuvo un control sostenido,

logrando que el impacto en la flora silvestre y cultivos fuera imperceptible. Sin embargo, a latitudes mayores, con climas más secos, estacionalidad más marcada, y con ecosistemas naturales menos diversos, como el Valle Imperial en California y Washington en Estados Unidos, así como Mexicali, y otros municipios del centro noroeste de México, el control biológico ha sido efectivo. No obstante, menos sostenible en el tiempo, posiblemente a falta de hospederos secundarios permanentes a través del año para los controladores biológicos. Por lo tanto, es probable, que el alto grado de interacción biológica, producto de la mayor diversidad en la faja tropical produzca un efecto de dilución de algunas plagas invasivas, especialmente polífugas, siempre y cuando sus depredadores también polífagos, se establezcan en los mismos nichos ecológicos de las plagas invasivas.

En las regiones tropicales, dada su mayor diversidad biológica, una vez que ingrese una plaga invasiva será muy poco probable su erradicación, dado la cantidad de hospederos alternos que pudiera encontrar. Esto es especialmente importante en terrenos agrícolas, donde la plaga tendrá suficiente alimento, y posiblemente un mayor grado de afinidad evolutiva a la planta de cultivo. Aunque no se tipifica propiamente como plaga invasiva, se puede tomar como ejemplo el caso de *Meloidogyne incognita*, nemátodo cosmopolita con afinidad hacia las plantas de melón, pero con gran cantidad de hospederos silvestres alternos, de crecimiento espontáneo, en los periodos de barbecho entre ciclos de zafra melonera en la región del Pacífico Norte de Costa Rica. Trabajando en los factores que influyen en la gran incidencia de *M. incognita* en el cultivo del melón, y la forzosa utilización de bromuro de metilo para su control, se identificaron más de 76 especies de plantas pertenecientes a 13 familias como hospederos alternos en los campos de siembra de melón (Salazar 2006).

Por otra parte, con el fin de evitar confusiones entre especies invasivas y autóctonas pero desconocidas, es necesario continuar estudios sobre las interacciones parásito/hospedero de las especies de la flora y fauna natural de las regiones tropicales de América. En Costa Rica, el cultivo de plantas silvestres tropicales con fines ornamentales presenta un potencial económico y de

intercambio comercial importante. En un estudio en Costa Rica, se reportaron 159 hospederos nuevos para ácaros fitopatógenos en 52 familias de plantas, donde *Tetranychus urticae* se encontró en 49 hospederos que permanecían desconocidos en el país (Aguilar y Murillo 2008). Estas especies de ácaros, no pueden considerarse plaga, y menos invasivas pues forman parte de la biodiversidad de las zonas de vida tropicales. No obstante, es posible que la reproducción y propagación de una planta hospedera silvestre con fines ornamentales aumente el nivel de ácaros cuando se constituyan plantaciones comerciales, y sea necesario establecer medidas de control de plaga.

En la intrincada complejidad del trópico húmedo de mesoamérica, el cambio de las condiciones ambientales, en asocio con el cultivo de plantas con fines económicos puede devenir en la irrupción como plagas a especies normales en la fauna de los ecosistemas naturales. Este es el caso del caracol *Succinea costarricana*, el cual ha aumentado en forma importante su presencia en las plantaciones de plantas ornamentales siendo aproximadamente el 8,7 % de las intercepciones realizadas en plantas ornamentales por Estados Unidos en cargamentos procedentes de Costa Rica en el periodo 2006-2009 (González 2010)².

Es conocida la habilidad de los insectos para acortar o alargar sus diferentes estadios, en relación con la acumulación de las horas calor o temperatura por día, siendo la base de los modelos de predicción para el crecimiento de poblaciones de diversas familias de artrópodos plaga en el mundo. En general, donde no hay limitaciones de alimento o substrato para el desarrollo de los diferentes estadios, a más temperatura, más corto es el ciclo de vida (Abrami 1972, Lactin *et al.* 1995). Se ha observado que las moscas de establo (*Stomoxys calcitrans*) que afectan a los rumiantes han colonizado climas semiáridos cuando la humedad relativa ronda 60 % (Cruz *et al.* 2004). Por

otra parte, el grado de intervención de las zonas de vida de los ecosistemas naturales en algunas regiones del trópico húmedo, por actividades antropogénicas, esta llegando al límite, incluso por la interacción negativa de plagas que desarrollan parte de su ciclo de vida en actividades productivas diferentes. En la región Atlántica de Costa Rica, el caso de mosca del establo, hematófaga en su estado adulto, y fitófaga de residuos de partes de plantas en estados larvales, ha sido documentado (Rojas *et al.* 2003). De acuerdo con lo reportado para la región, antes del año 2000 no eran frecuentes los ataques de *S. calcitrans* a los animales domésticos, especialmente bovinos. No obstante, en la medida que se instalaron las empresas productoras de piña en la región, las fincas ganaderas incrementaron las denuncias sobre brotes severos y frecuentes que afectaban sus animales. Para el año 2002 se reportó como hospedero alterno para la deposición de huevos y desarrollo de larvas el raquis de banano de las plantaciones bananeras; que hasta ese momento no presentaban amenaza alguna (SFE 2006). Esta trilogía plantaciones de piña-banano-fincas ganaderas y la dinámica de producción continúa a lo largo del año de las tres actividades, hace que ninguno de los alimentos requeridos para la plaga y sitios de ovoposición, sean limitantes en ningún periodo del año. En relación con el clima, el pronóstico de cambio climático (MINAE 2008) es que dicha región se vuelva más húmeda y caliente en los próximos años; recientemente en zonas de vida de Trópico Muy Húmedo Premontano en la región Atlántica de Costa Rica se ha observado dicha tendencia (Abarca 2008), por lo que se puede prever un potencial incremento de las condiciones climáticas favorables para desarrollo de la plaga conforme se ingrese más en el fenómeno del cambio climático.

En conclusión, en relación a las plagas, la distribución continuará variando, la irrupción será más frecuente y la severidad mayor, en la medida que el cambio climático avance y los eventos meteorológicos extremos incrementen su frecuencia. Por lo tanto, los sistemas de protección sanitaria y fitosanitario deberán incorporar en sus operaciones la relación entre clima y epidemias o epifitias para la generación de alertas tempranas en plagas irrupciones, así como incluir el cambio climático entre sus análisis de riesgo de plaga.

2 González, M. 12 may. 2010. Intercepciones realizadas en plantas ornamentales por Estados Unidos en cargamentos procedentes de Costa Rica en el periodo 2006-2009 (entrevista). San José, Costa Rica, Servicio Fitosanitario del Estado.

LITERATURA CITADA

- Abarca, S. 2008. Cambio climático: variación agroecológica en Turrialba. *Alcances Tecnológicos del INTA-Costa Rica* 6(1):97-106.
- Abrami, G. 1972. Optimum mean temperature for plant growth calculated by a new method of summation. *Ecology* 53(5):893-900.
- Aguilar, H; Murillo, P. 2008. Nuevos hospederos y registros de ácaros fitófagos para Costa Rica: Periodo 2002-2008. *Agronomía Costarricense* 32(2):7-28.
- Bellard, C; Bertelsmeier, C; Leadley, P; Thuiller, W; Courchamp, F. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15(4):365-377.
- Cortés, J; Betancourt, J; Argüelles, J; Pulido, H. 2010. Distribución de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos y fincas del Altiplano Cundiboyacense (Colombia) (en línea). *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 11(1):73-84. Consultado 15 de may. 2017. Disponible en <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/197/202>
- Cruz, C; Mendoza, I; Ramos, P; Garcia, Z. 2004. Influence of temperature, humidity, and rainfall on field population trend of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Mucidae) in a semiarid climate in México. *Parasitología Latinoamericana* 59:99-103.
- Ewel, J. 1971. Experiments in Arresting Success with Cutting and Herbicides in Five Tropical Environments. Tesis Ph.D. Department of Botany, University of North Carolina, Chapel Hill, USA. 248 p.
- FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); CIPF (Convención Internacional de Protección Fitosanitaria). 2006. Glosario de términos fitosanitarios (en línea). 24 p. Consultado 15 de may. 2017). Disponible en https://www.ipcc.int/largefiles/adopted_ISPMs_previousversions/es/ISPM_05_2005_Es_2006-05-02.pdf
- FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); CIPF (Convención Internacional de Protección Fitosanitaria). 2009. Entrada en vigor de la CIPF (en línea, sitio web). Consultado 15 de may. 2017. Disponible en <https://www.ipcc.int/es/core-activities/governance/convention-text/>
- IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático). 2002. Cambio climático y biodiversidad (en línea). 93 p. Consultado 15 de May. 2017. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>
- Kurz, W; Dymond, C; Stinson, G; Rambley, G; Neilson, E; Carroll, A; Ebata, T; Safranyik, L. 2008. Mountain Pine Beetle and Forest Carbon Feedback to Climate Change. *Nature* 452:987-990.
- Lactin, D; Holliday, N; Johnson, D; Craigen, R. 1995. An Improved Rate Model of Temperature-Dependent Development by Arthropods. *Environmental Entomology* 28(1) 22-29.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica); IMN (Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica); PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, Costa Rica); CRRH (Comité Regional de Recursos Hidráulicos, Costa Rica). 2008. Cambio Climático (en línea). San José, Costa Rica. 75 p. Consultado 15 de May. 2017. Disponible en http://cambioclimaticocr.com/multimedia/recursos/mod-1/Documentos/el_clima_variabilidad_y_cambio_climatico_en_cr_version_final.pdf
- NASA (National Aeronautics and Space Administration, Estados Unidos). 2017b. Global Climate Change. Vital signs of de planet. Facts, Causes (en línea, sitio web) Consultado 10 de ene. 2017 Disponible en <http://climate.nasa.gov/causes/>
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2017. Trends in Atmospheric carbon Dioxide (en línea, sitio web) Consultado 10 de ene. 2017. Disponible en <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html#global>

ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 1992. Convenio sobre la diversidad biológica (en línea). 32 p. Consultado 22 jun. 2017. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>

Porter, J; Parry, M; Carter, T. 1991. The potential effects of climate change on agricultural insects pests. *Agricultural Forest Meteorology* 57(1-3): 221-240.

Rojas, T; Calvo, B; Porras, S; Chavarria, A. 2003. Problemática de la mosca del establo, *Stomoxys calcitrans*, originada por los desechos del cultivo de la piña (*Ananas comosus*) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica. *Boletín de Parasitología*. 4(3):2-3.

Salazar, L. 2006. Estudio Sobre *Meloidogine incognita* en plantaciones de melón. Costa Rica. Proyecto para la Reducción de Bromuro de Metilo en Costa Rica. PNUD. 15 p.

SFE (Servicio Fitosanitario del Estado, Costa Rica). 2006. Definen procedimientos en el manejo de desechos orgánicos para el control de (*Sotomoxys calcitrans L*). San José, Costa Rica. MAG. Boletín no. 28. 3 p.

Southwood, T; Comis, H. 1976. A Synoptic Population Model. *Journal of Animal Ecology* 45(3):949-965.

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

La publicación de la revista Alcances Tecnológicos, se inició durante el año 2003 y es una de las actividades relevantes del área de transferencia de tecnología del INTA, la revista

tiene carácter técnico-científico y se publica un número cada dos años. Se reciben los artículos que cumplan con los requisitos, que sean originales y que no han sido publicados en otra revista.

TIPOS DE DOCUMENTOS RECIBIDOS

Artículos científicos

Se refiere a una investigación detallada con resumen, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión y literatura citada. Se debe demostrar la profundidad del estudio y resaltar los méritos del trabajo para su publicación como artículo científico. La extensión máxima es de 30 páginas en Microsoft Word a espacio sencillo y con tipografía Arial 12.

Notas técnicas

Se refiere a una publicación con la misma estructura de un artículo científico, sin su nivel de detalle. La extensión máxima es de 30 páginas.

Revisiones bibliográficas

Son recopilaciones y síntesis del conocimiento existente en un campo específico de interés en las ciencias agrícolas. Se debe incluir resumen, introducción y el contenido. Extensión máxima 30 páginas y con un mínimo de 25 referencias bibliográficas.

Análisis y comentario

Es el análisis de una situación específica, realizado por un especialista con reconocida trayectoria en el campo. Se debe incluir resumen, introducción, el contenido y la literatura citada. Extensión máxima 10 páginas.

Informaciones técnicas

Están enfocadas en aprovechar la amplia experiencia de un especialista en un campo específico. Se debe incluir resumen, introducción, el contenido y la literatura citada. Extensión máxima 15 páginas.

Comunicaciones cortas

Son resultados preliminares de interés para el sector agropecuario. Debe contener introducción, resultados y la literatura citada. Extensión máxima 10 páginas.

RECEPCIÓN DE DOCUMENTOS

1. La recepción de los artículos se hará en el Departamento de Transferencia e Información Tecnológica, teléfono 2231 3991, dirección electrónica comiteeditorial@inta.go.cr
2. La recepción o no de los escritos será competencia del Comité Editorial del INTA, el cual hará una valoración inicial de acuerdo a las normas y procedimientos para la publicación de documentos en la revista Alcances Tecnológicos del INTA.
3. Si el documento presentado es del INTA, el autor principal debe presentar una nota del programa correspondiente en la que se avala su publicación y se indica que no ha sido sometido a publicación en otra revista.
4. Si el documento presentado no es del INTA, el autor principal debe presentar una nota de la institución para la cual labora, en la que se autoriza su publicación y se indica que no ha sido sometido a publicación en otra revista.
5. Si en el documento presentado figuran varios autores, cada uno de ellos debe autorizar por escrito la publicación del documento. Además, deben indicar la aprobación del orden de los autores e indicar autor responsable para correspondencia.
6. Para aceptar o no la publicación el Comité Editorial somete los artículos a revisión. Para esto dispone de una lista de revisores internos y externos.
7. Los artículos son revisados por tres especialistas dos del INTA (revisores internos) y otro de otra institución (revisor externo).
8. Los revisores deben indicar las observaciones en el documento y completar el cuadro de calificación. Pueden utilizar la versión electrónica de control de cambios.
9. Si los autores no aceptan las sugerencias de los especialistas, deben enviar una nota al Comité Editorial explicando las razones; si es necesario el Comité Editorial elegirá otro especialista, el cual fungirá como árbitro.

REVISIÓN Y ACEPTACIÓN DE DOCUMENTOS

1. Los revisores internos tendrán un plazo máximo de un mes para entregar las publicaciones revisadas. A los revisores externos se les sugerirá el mismo tiempo para revisarlo.
2. Cuando el artículo es devuelto por los revisores, el/la editor/a dispondrá de ocho días hábiles para enviarlo a los autores con una nota en la que se indican las correcciones respectivas. Por su parte, los autores contarán con un plazo máximo de 15 días hábiles para hacer las correcciones y devolverlo, a el/la editor/a.
3. Una vez que el artículo es revisado y corregido, lo cual es corroborado por el Comité Editorial, se autoriza su publicación.
4. Luego de aprobada la publicación del artículo por el Comité Editorial, los autores deben revisar exhaustivamente todo el texto, para consentir su publicación.

REDACCIÓN DE LOS DOCUMENTOS

1. En la redacción de los artículos se deben utilizar las normas de la Real Academia Española y las unidades de medida del Sistema Métrico Decimal.
 - Las unidades no llevan punto, se escriben con minúscula y no tienen plural. Algunos ejemplos son: kilogramo (kg), gramo (g), metro (m), hectárea (ha), milímetro (mm), miligramo (mg) litro (l), metros sobre el nivel del mar (msnm).
 - Los elementos (N, P entre otros) y los compuestos químicos (como, por ejemplo: NaOH, NaCl) se escriben con mayúscula.
 - Cuando las unidades no están precedidas por un número, se expresan por su nombre completo sin utilizar su abreviatura. Por ejemplo: metro en lugar de m.
 - Los decimales se indican con coma; los miles y los millones con un espacio. Ejemplo: 8 327 451,25. Los números de cuatro cifras se escriben sin espacios. Ejemplo: 2458.
- En el caso de los números del cero al nueve, cuando no van seguidos de unidades, se escriben con palabra; y números para valores iguales o mayores a 10.
2. Cuando en los artículos se citan productos de origen químico o biológico, se deben utilizar solamente los nombres genéricos. Ejemplos: Terbufos, Oxidemeton Metil. No se acepta el uso de nombres comerciales. Además, los productos mencionados deben estar registrados y aprobados (para el cultivo) en la base de datos del Registro de Insumos y Fiscalización del Servicio Fitosanitario del Estado. Disponible en <https://www.sfe.go.cr/>
3. Los cuadros y figuras que no son propiedad del autor, deben poseer fuente.

FORMATO PARA CADA SECCIÓN DE LOS DOCUMENTOS

Título

Tiene que ser breve, específico, resumido, en mayúscula y en negrita. No más de 14 palabras. Él o los autores deben indicar los nombres científicos en cursiva, cuando consideren que el nombre común no es muy conocido (Agronomía Mesoamericana 2017).

Lo que no se recomienda en los títulos (Araya 2012)¹.

- Estudio sobre.....
- Informe de.....
- Investigación acerca de.....
- Contribución a.....
- Resultados de un estudio sobre.....
- Análisis de los resultados.....

¹ Araya R. 06 jun. 2017. Lo que no se usa en los títulos. (entrevista). San José, Costa Rica.

Los nombres científicos (género, especie, cultivar y el nombre del clasificador) deberán ser citados para cada organismo en su primera mención, posteriormente se puede continuar usando el nombre común.

Título resumido

No debe ser mayor a ocho palabras (Agronomía Mesoamericana 2017).

Autor(es)

Se consideran autores los individuos o entidades responsables de los contenidos intelectuales de las publicaciones. El orden en el que se mencionan va de acuerdo con su contribución y aportes en la investigación y se colocan debajo del título. Con una nota al pie de página indicando la institución para la cual labora(n), la dirección postal y electrónica. Se omiten los grados académicos. El número total de autores no debe ser superior a seis.

Resumen

Se coloca después del nombre de los autores y presenta en forma concisa el mensaje del artículo, describiendo brevemente los materiales y condiciones más relevantes del experimento. Debe indicar el año y lugar, los resultados obtenidos y las conclusiones más importantes. Las oraciones usadas deben ser racionales, objetivas y justificar el porqué de la investigación y el objetivo, evitando describir directamente los materiales y métodos. La extensión no debe exceder las 250 palabras a espacio seguido y en un solo párrafo.

Palabras clave

Debajo del resumen se deben incluir de cinco a siete palabras o frases clave, no deben formar parte del título.

Introducción

Define el problema que motiva la investigación y al final de esta sección se indican los objetivos o razones del estudio. Pueden incluirse citas bibliográficas para ayudar a la definición del problema y del trabajo. La extensión de esta debe ser de aproximadamente 350 palabras (MAG 1990).

Materiales y métodos

En esta sección se recomienda describir en forma bien detallada la ubicación, la fecha de inicio y término, el ambiente, los materiales (si se usa equipo de medición, incluir marca y modelo), las técnicas, los tratamientos, el diseño experimental, los análisis estadísticos y las variables a evaluar expuestas con suficiente claridad para que otros científicos puedan repetir el estudio. Si el método es muy conocido, solamente se incluyen referencias bibliográficas aclaratorias; si es nuevo o modificado se debe escribir nuevamente. Escribir en orden cronológico (MAG 1990).

Resultados y discusión

Ambas partes deben ir juntas. Los resultados describen la información generada por la investigación; debe escribirse en forma concisa y siguiendo una secuencia lógica, usando cuadros y figuras, a los cuadros se les debe indicar su enunciado en la parte superior y a las figuras en la parte inferior, en ambos casos, si no son propiedad del autor se les debe anotar la fuente. Las fotografías, se anotan como figuras y su numeración se debe ajustar a la misma secuencia. Los cuadros se presentan sin divisiones internas. Los cuadros y figuras deben estar ubicados inmediatamente después de donde se mencionan, deben ser auto explicativos y la información debe presentarse en forma completa, clara y concisa, de tal forma que no se tenga que recurrir al texto para entender el resultado presentado. Los decimales se deben usar de acuerdo al grado de precisión que se tomaron los datos, si no, se debe redondear apropiadamente. Además de la descripción del contenido de la figura, en el título debe contener el lugar y el año en que se hizo el trabajo de investigación.

En la discusión la estadística se debe usar para explicar las diferencias de los tratamientos, debe usarse como una herramienta para probar la(s) hipótesis propuesta(s), con una base objetiva. Suministrar la significancia de las pruebas.

Se discutirán los resultados obtenidos, comparándolos con otros trabajos afines para dar interpretaciones o hacer deducciones lógicas sobre las diferencias o concordancias encontradas.

En la discusión se debe explicar hasta qué punto los resultados obtenidos contribuyen a la

solución del problema (limitantes) y qué puede traducirse en recomendaciones, aplicaciones, sugerencias e hipótesis (MAG 1990).

Conclusiones o consideraciones finales

Van incluidas en la discusión.

Literatura citada

La lista de la literatura citada, para todos los tipos de documentos aceptados, debe estar conformada por no menos de diez citas bibliográficas recientes (90 % de los últimos 10 años), las citas deben reforzar científicamente lo expresado en el documento, además deben ser de fácil acceso para consultar en centros de documentación, bibliotecas o internet. Se deben utilizar las Normas de Redacción (IICA-CATIE) en su 5 edición (IICA y CATIE 2016). Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B4013e/B4013e.pdf>

LITERATURA CITADA

Agronomía Mesoamericana, Costa Rica. 2017. Instructivo para los autores/Instructions for authors. (en línea). San José, Costa Rica. 7 p. Consultado 28 abr. 2017. Disponible en <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/about/submissions#authorGuidelines>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica); CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2016. Redacción de referencias bibliográficas. 5 ed. San José, Costa Rica. Bibliotecas IICA-CATIE. 79 p.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1990. Normas para la publicación de artículos científicos en la revista investigación agrícola. Investigación Agrícola 4(2):3-6.

REVISORES TÉCNICOS

Nombre	Institución
Agripina Jenkins Rojas	Consultora
Alejandro Zamora Meléndez	UNA
Alfredo Alvarado Hernández	UCR
Alfredo Bolaños Herrera	INTA
Allan González Herrera	UNA
Antonio Bogantes Arias	INTA
Arturo Solórzano Arroyo	INTA
Bernardo Mora Brenes	Consultor
Beatriz Molina Bermúdez	MAG
Beatriz Sandoval Carvajal	INTA
Carlos Boschini Figueroa	UCR
Carlos Cordero Morales	INTA
Carlos Luis Loría Quirós	UCR
Cristina Vargas Chacón	INTA
David Meneses Contreras	MAG
Danilo Pezo Quevedo	Consultor
Dennis Alpízar Monge	INTA
Edwin Orozco Barrantes	INTA
Francisco Álvarez Bonilla	MAG
Gaudy Ortiz Rivera	INTA
Guillermo Araya Umaña	INTA
German Aguilar Vega	INTA
Helga Blanco Metzler	UCR
Iván Calvo Villegas	INTA
Iván Serrano Bulakar	MAG
Jéssica Castillo Cruz	INTA
Jorge Mora Bolaños	INTA
Juan Mora Montero	INTA
Juan R. Mora Camacho	UNA
Laura Brenes Peralta	TEC
Laura Ramírez Cartín	INTA
Ligia López Marín	INTA

Nombre	Institución
Luis Alpízar Oses	INTA
Luis Barrantes Jaikel	INTA
Luis Carrera Hidalgo	INTA
Luis D. Monge Montero	Consultor
Magda González Arroyo	MAG
Manuel Carrera Aguilar	Consultor
María Mesén Villalobos	INTA
Mario Saborío Mora	Consultor
Mauricio Chacón Navarro	MAG
Nevio Bonilla Morales	INTA
Pablo Steven Rodríguez Rodríguez	Consultor
Patricia Quesada Rojas	UCR
Pedro Hernández Fernández	MAG
Rafael Orozco Rodríguez	UNA
Ramón Mexzón Vargas	UCR
Ricardo Guillén Montero	MAG
Roberto Camacho Montero	Consultor
Roberto Ramírez Matarrita	INTA
Roberto Soto Blanco	INTA
Rodolfo Araya Villalobos	Agronomía Mesoamericana
Ruth León González	INTA
Sayra Munguía Ulloa	Consultora
Sergio Abarca Monge	INTA
Steffany Orozco Cayasso	UNA
Stephanie Quirós Campos	INTA
Victoria Arronis Díaz	INTA
Walter Peraza Padilla	UNA
William Villalobos Muller	UNA
William Sánchez Ledezma	INTA
William Meléndez Gamboa	MAG
Yannery Gómez Bonilla	INTA

Dirección de la revista:

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, oficinas del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sabana Sur, San José, Costa Rica. Dirección electrónica: iramirez@inta.go.cr. Teléfono 22 31 39 91. Plataforma INTA: www.platicar.go.cr web INTA: www.inta.go.cr

Perspectiva de la revista

La revista Alcances Tecnológicos se publicó por primera vez en el año 2003 con el objetivo de transferir las opciones tecnológicas generadas y validadas por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, que es el instituto oficial de investigación en Costa Rica. Actualmente la revista somete a estudio artículos enviados por profesionales del sector agropecuario en general. La revista está dirigida a extensionistas del sector agropecuario, productores líderes, organizaciones de productores, empresas privadas y estudiantes entre otros.

En línea

ALCANCES TECNOLÓGICOS: www.platicar.go.cr



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria